



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.









4-1-1  
QC  
1  
A613

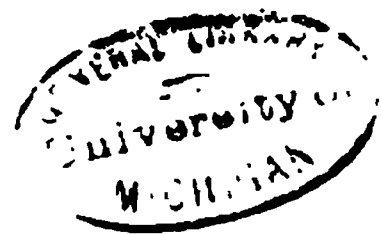


**ANNALEN**  
**DER**  
**PHYSIK UND CHEMIE.**

---

**B A N D   L I .**





**ANNALEN**  
**DER**  
**P H Y S I K**  
**UND**  
**C H E M I E.**

---

**ZWEITE REIHE.**

---

**HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN**

**VON**

**J. C. POGGENDORFF.**

---

**EIN UND ZWANZIGSTER BAND.**

---

**NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.**

---

**LEIPZIG, 1840.**

**VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.**





**ANNALEN**



**DER**

**P H Y S I K**

**UND**

**C H E M I E.**

---

**HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN**

**VON**

**J. C. POGGENDORFF.**

**EIN UND FUNFZIGSTER BAND.**

**DER GANZEN FOLGE HUNDERT SIEBEN UND ZWANZIGSTER.**

---

**NEBST ZWEI KUPFERTAFELN.**

---

**LEIPZIG, 1840.**

**VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.**



# **I n h a l t**

**des Bandes LI der Annalen der Physik und Chemie.**

---

## **Erstes Stück.**

	<b>Seite</b>
<b>I. Ueber die Erregung von Tönen mittelst der Wärme; von A. Seebeck. . . . .</b>	<b>1</b>
1) Ueber das Trevelyan-Instrument, S. 1. — 2) Bemerkungen über einige andere, durch Wärme hervorgerufene Töne, S. 38.	
<b>II. Untersuchung über die specifische Wärme, einfacher und zusammengesetzter Körper. Erste Abtheilung; von V. Regnault. . . . .</b>	<b>44</b>
<b>III. Untersuchungen über die strahlende Wärme; von M. Melloni. . . . .</b>	<b>73</b>
<b>IV. Bemerkungen über eine neue thermographische Methode des Hrn Herschel und deren Anwendung auf das Sonnenspectrum; von Demselben. . . . .</b>	<b>81</b>
<b>V. Untersuchung über die Wärme. Vierte Reihe. Ueber die Wirkung der mechanischen Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme. Von J. D. Forbes. . . . .</b>	<b>88</b>
Aufgeblätherte Substanzen und berufte Flächen, S. 99.	

VI. Ueber und gegen die Entdeckung der Elektricität durch chemischen Proceß, nebst einem Anhang von Versuchen über das elektromotorische Verhalten vieler Flüssigkeiten gegen Metalle; von C. H. Pfaff. . . . .	110
VII. Ueber eine Beobachtung, betreffend den die elektrische Ladung trennenden Nichtleiter; von K. W. Knochenhauer. . . . .	112
VIII. „Phänomene der Calefaction“; von Boutigny. . . .	130
IX. Untersuchung der Bestandtheile des Bitterwassers von Saldschütz in Böhmen; von J. J. Berzelius. . . . .	138
X. Chemische Untersuchung des Fayalits; von C. G. Gmelin.	160
XI. Ueber die artesischen Brunnen in den Oasen Aegyptens.	164
XII. Ueber die Bewässerungsweise der Oasen von Oman. . .	167
XIII. Feuerkugel über Dänemark. Aus einem Bericht des Dr. Neuber. . . . .	169
XIV. Alter Sternschnuppenfall. Aus einem Briefe an Hrn. A. v. Humboldt von v. Boguslawski. . . . .	171
KV. Notizen. 1) Platzregen in Marseille, S. 173. — 2) Irrlichter? S. 173. — 3) Meerestemperatur über Untiefen, S. 174. — 4) Höhe der Wolken, S. 175. — 5) Tiefe des Meeres, S. 176.	

## Zweites Stück.

I. Ueber das Maximum der Wirkung eines Nebendrahtes auf die Entladung der elektrischen Batterie; von P. Riess. .	177
II. Ueber und gegen die Entwicklung der Elektricität durch den chemischen Proceß, nebst einem Anhang von Versuchen über das elektromotorische Verhalten vieler flüssigen Leiter gegen Metalle; von C. H. Pfaff. (Schluß.) . . .	197
III. Untersuchungen über die specifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper; von Victor Regnault. (Schluß.)	213
IV. Ueber die Spiralen der Ammoniten; von C. F. Naumann.	245

## VII

	Seite
V. Atomgewicht der Kohle. . . . .	260
VI. Analyse des Eitenperidots, eines neuen vulkanischen Minerals von den Azoren; von L. R. v. Fellenberg. . . . .	261
VII. Der Greenockit, ein neues Mineral; von J. Breocke und A. Connell. . . . .	274
VIII. Ueber die Zersetzung der in der Natur vorkommenden Aluminate; von H. Rose. . . . .	275
IX. Beschreibung anomal gebildeter Schwefelkieskrystalle; von G. Suckow. . . . .	284
X. Brunnen von Kohlensäure zu befreien. . . . .	286
XI. Analyse des Porphyrs von Kreuznach im Naheethal; von E. Schweizer. . . . .	287
XII. Der Grenovit, ein neues Mineral; von Dufrénoy. . . . .	290
XIII. Einige Bemerkungen über die physische Beschaffenheit der Provinz Krain; von H. v. Gansauge. . . . .	291
XIV. Temperatur im Bohrloche von Grenelle bei Paris. . . . .	300
XV. Ueber die Temperatur der Westküste von Südamerika; von A. Berg. . . . .	301

## Drittes Stück.

I. Ueber die Elektricität durch Vertheilung; von G. Th. Fechner. . . . .	321
II. Ueber die Richtung des elektrischen Nebenstroms; von P. Riefa. . . . .	351
III. Ueber die Principien der elektro-magnetischen Maschinen; M. H. Jacobi. . . . .	358
Nachtrag . . . . .	370
IV. Vermischte Nachrichten von Vorrichtungen und Beobachtungen aus dem Gebiete des Galvanismus; von F. Mohr. . . . .	372
Zusatz. . . . .	378
V. Ueber eine vortheilhafte Construction der Grove'schen Kette; von C. A. Grödel. . . . .	381



## VIII

	Seite
VI. Ueber die Mittel, dem Strom der galvanischen Ketten mit Einer Flüssigkeit eine größere Stärke und Beständigkeit zu verleihen; von J. C. Poggendorff. . . . .	384
VII. Untersuchungen über die Wärme. Vierte Reihe. Ueber die Wirkung der mechanischen Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme; von J. D. Forbes. (Schluß.) . . . . .	387
Gitter, S. 387. — Bepulverte Flächen, S. 391. — Endergebnisse, S. 403.	
VIII. Untersuchung des Allanit, Orthit, Cerin und Gadolinit; von Th. Scheerer. . . . .	407
Geschichtlicher Ueberblick, S. 407. — Aeussere Charakteristik der untersuchten Mineralien, S. 416.	
IX. Verbesserung des Marsh'schen Apparats; von Küppelin und Kampmann. . . . .	422
X. Ueber das Arsenikwasserstoffgas; von H. Rose. . . . .	423
XI. Untersuchungen über das Brechvermögen einiger Flüssigkeiten; von E. Becquerel und A. Cahours. . . . .	427
XII. Ueber die Bestimmung des Brechverhältnisses einiger Körper aus der organischen Chemie; von H. Deville. . . . .	433
XIII. Erläuterungen und Zusätze zu den beiden vorhergehenden Aufsätzen. . . . .	437
XIV. Ueber einige am Eisen, bei Versuchen über seine Elasticität, beobachtete Erscheinungen; von J. Fr. L. Hausmann . . . . .	441
XV. Bildung des Leidenfrost'schen Tropfens auf Glas; von A. H. Emsmann. . . . .	444
XVI. Ueber die Zusammensetzung des Batrachits; von C. Ram- melsberg. . . . .	446
XVII. Erwiderung auf eine Bemerkung des Hrn. Etatraths Pfaff; von F. C. Henrici. . . . .	447

### Viertes Stück.

I. Neue Ausmittlung des Ausflusscoefficienten für den Ausfluss der atmosphärischen Luft aus Gefässen; von Weissbach. . . . .	449
--	-----

II. Untersuchung des Allanit, Orthit Cerin und Gadolinit; von Th. Scheerer. (Schluß.) . . . . .	465
Chemisch-analytische Untersuchung, S. 465. — Chemische Formeln. S. 477. — Ueber einige merkwürdige Erscheinungen beim Glühen dieser Mineralien, S. 493. — Einige allgemeine Bemerkungen über Gadolinit, Allanit, Orthit und Cerin. S. 500.	
III. Ueber den Kalkspath von 105° 0' Neigung der Rhomboëderflächen; von A. Breithaupt. . . . .	506
IV. Greenockit, ein neues Mineral; von Demselben. . . . .	507
V. Beiträge zur näheren Kenntniss einiger Kiese und der kiesbildenden Metalle, auch neue Isomorphien; von Demselben. . . . .	510
VI. Thomson's neuer Rhomboëdral-Barytocalcit aus Cumberland; von Demselben. . . . .	516
VII. Tiefe des Meeres. . . . .	519
VIII. Beitrag zur näheren Kenntniss der Feldspäthe; zweite Abhandlung, von H. Abich. . . . .	519
IX. Untersuchung des Geokronit und Hydrophit, zweier in Schweden vorkommender neuen Mineralien; von L. F. Svanberg. . . . .	535
X. Ueber ein neues, ziemlich reichliches Vorkommen des Vanadins in Deutschland; von C. Kersten. . . . .	539
XI. Ueber die Temperatur-Vertheilung auf der südlichen Hemisphäre, und die klimatischen Verhältnisse von Süd-Neuholland und Van-Diemens-Land; von W. Mahlmann. . . . .	543
XII. Ueber die Ursachen der Tonhöhe; von Felix Savart. . . . .	555
XIII. Ueber die Tonbildung bei schwingenden Saiten; von Hrn. Cagniard-Latour . . . . .	561
XIV. Ueber einen neuen Neutralpunkt in der Atmosphäre; von Hrn. Babinet. . . . .	562

## Nachweis zu den Kupfertafeln.

**Taf. I. — Seebeck.** Fig. 1, 2, 3, S. 2; Fig. 4, S. 4; Fig. 5, S. 14, Fig. 6, S. 16; Fig. 7, S. 18; Fig. 8, S. 19. — **Regnault.** Fig. 9, S. 58. — **Naumann.** Fig. 10, S. 247; Fig. 11, S. 254; Fig. 12, S. 257; Fig. 13, S. 258. — **Suckow.** Fig. 14 bis 16, S. 285 und 286. — **Fechner.** Fig. 17, S. 333; Fig. 18, S. 337; Fig. 19, S. 343; Fig. 20 und 21, S. 344; Fig. 22, S. 345; Fig. 23, S. 347, Fig. 24, S. 349.

**Taf. II. — Riefs.** Fig. 1 und 2, S. 352; Fig. 3, S. 353. — **Mohr.** Fig. 4, S. 374; Fig. 5, S. 376; Fig. 6 und 7, S. 377. — **Grüel.** Fig. 8 und 9, S. 383.

## Berichtigungen

zum Aufsatz von Fechner, Bd. L:

Seite 199 Zeile 18 von oben lies **haben**, statt **haben**.

- 200 Z. 10 v. ob. l. **kreuzen**, st. **berühren**.
- 202 Z. 8 v. ob. l. **schwarzen**, st. **weißen**.
- 213 Z. 4 v. ob. l. **Dunkelheit**, st. **Deutlichkeit**.
- 429 Z. 8 v. unten l. **anklingen**, st. **verklingen**.
- 439 Z. 2 v. oben l. **Döve**, st. **Darwin**.
- 446 Textzeile 1 v. unten l. **voraussetzen**, st. **voraussehen**.
- 451 Z. 15 v. oben l. **verlaufende**, st. **vorleuchtenden**.
- 452 Z. 14 v. ob. l. **schwächeren**, st. **stärkeren**.
- 455 Z. 2 v. ob. hinter **Sonne** l. **nöthig**.

# I. Ueber die Erregung von Tönen mittelst der Wärme; von A. Seebeck.

---

## I. Ueber das Trevelyan-Instrument.

Wenn man ein Stück heißes Metall auf ein anderes kaltes Metall legt, so entsteht unter gewissen Umständen ein ziemlich starker anhaltender Ton. Obgleich man Erscheinungen dieser Art schon früher hin und wieder wahrgenommen hatte <sup>1)</sup>, so kennt man doch erst seit einigen Jahren die Bedingungen für die Entstehung dieses Tones so weit, daß man denselben beliebig hervorzubringen im Stande ist. Man verdankt diese Kenntniß einer ausführlichen Untersuchung, welche Trevelyan über diese Bedingungen angestellt hat, nachdem er zufällig das Tönen eines heißen Schüreisens, das auf einen kalten Bleiblock gelegt war, wahrgenommen hatte. Aus den Versuchen dieses Beobachters und den Bemerkungen einiger anderer Physiker <sup>2)</sup> ergibt sich unzweideutig die *nächste* Ursache des Tones. Es muß nämlich das heiße Metall die kalte Unterlage in zwei Punkten berühren, und dann auf diesen beiden Stützpunkten so hin- und herwackeln, daß es abwechselnd jetzt in dem einen und dann in dem andern gegen die Unterlage schlägt. Die Erschütterungen, welche dann dieses wiederholte Anschlagen hervorbringt, folgen so schnell

1) Unzweifelhaft gehört dahin das vom Hütteninspector Schwarz zu Hettstädt bemerkte Tönen einer heißen Silbermasse auf einem eisernen Ambos, wovon Gilbert, Annal. der Phys. Bd. XXII S. 323, Nachricht giebt.

2) Die wesentlichsten Ergebnisse dieser Untersuchungen findet man in dies. Annal. Bd. XXIV S. 466 und Bd. XXXIII S. 553.

und regelmäfsig auf einander, dafs sie sich zu dem Eindrucke eines Tones vermischen.

Die Art den Versuch am zweckmäfsigsten anzustellen, ist daher diese: Das Instrument, welches erhitzt werden soll, und etwa aus Messing, oder noch besser aus Kupfer verfertigt ist, erhält die Gestalt eines wagerecht liegenden prismatischen Körpers, etwa  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zoll breit und 4 bis 5 Zoll lang, der zu einem ebenfalls wagerechten Stiele verlängert wird, um an diesem einen dritten Stützpunkt zu finden, den es nicht verläfst wie die beiden andern, sondern um den es sich nur beim Hin- und Herschwingen dreht, der daher aus einem beliebigen Stoffe verfertigt seyn und auf einer beliebigen Unterlage ruhen kann. Damit aber die metallische Unterlage, wozu im Allgemeinen am besten Blei dient, in zwei Punkten von dem Instrument berührt werde, erhält entweder dieses auf seiner unteren Fläche zwei der Länge nach laufende Ränder, sehr nahe bei einander, und wird dann auf einen geraden Bleiklotz gelegt, oder man bringt an dem Blei zwei Erhöhungen an, und giebt dann dem kupfernen Instrument eine ebene Unterfläche. Fig. 1 Taf. I stellt den Querschnitt eines Instruments vor, das ich mir nach der ersten Beschreibung des Versuchs verfertigen liefs; es wird auf einen ebenen Bleiklotz gelegt, Fig. 2 Taf. I ist der Querschnitt eines rechtwinklich parallelepipedischen Instruments, welches zwei Hervorragungen der bleiernen Unterlage verlangt. Fig. 3 Taf. I zeigt die Form des Querschnittes, welche Trevelyan als die beste gefunden hat; da er vorschreibt, die Bleiunterlage rauh zu machen, so wird die schmale Unterfläche des Instruments leicht zwei Erhöhungen antreffen, ähnlich wie in Fig. 2; doch können auch wohl die beiden Ränder der schmalen Unterfläche als Berührungspunkte dienen, um welche die Drehung erfolgt, wie dies bei Forbes nachher zu besprechenden Beobachtungen der Fall gewesen zu seyn scheint. Legt man nun das

Instrument *kalt* auf das Blei und stößt es an, so wackelt es ein Paar Mal hin und her, kommt aber sehr bald zu Ruhe; ist dagegen das Kupfer heiß und das Blei kalt, so beharrt jenes nach dem Anstoßen in seiner schwingenden, wackelnden Bewegung, jedoch so rasch, daß die dadurch erzeugten Erschütterungen gewöhnlich nicht mehr einzeln unterschieden werden können, sondern sich zu einem Tone vermischen <sup>1)</sup>.

Daß hierin die nächste Ursache des Tones liegt, kann als ausgemacht angesehen werden. Allein nun entsteht die zweite Frage: wie nämlich die Wärme hier die Kraft liefert, durch welche die Bewegung des Instruments dauernd unterhalten wird, d. h. welche dem Instrument den Verlust an Bewegung ersetzt, den es durch die Hindernisse bei jeder Schwingung erleidet. Einige Physiker sind der Ansicht, daß die bekannteste Wirkung der Wärme, nämlich die Ausdehnung, welche sie hervorbringt, zur Erklärung der Erscheinung hinreiche. Forbes dagegen verwirft diese Erklärung, als eine mit den Beobachtungen nicht übereinstimmende, und folgert aus den Versuchen das Vorhandenseyn einer abstossenden Kraft, welche beim Uebergange der Wärme aus einem besseren Leiter in einen schlechteren in Thätigkeit trete.

Diese Widersprüche in Beziehung auf die Theorie des Gegenstandes sind indess nicht die einzigen, welche hier aufzuklären sind, sondern es finden deren auch in Beziehung auf die Beobachtung statt, und es ist ebenfalls Forbes, welcher in den aus seinen Versuchen gezogenen Erfahrungssätzen in Widerspruch mit gewissen Beobachtungen Trevelyan's tritt.

Unter diesen Umständen schien es mir nicht über-

1) Der Ton entsteht auch, wenn das heiße Kupfer festliegt, und das kalte Blei auf ihm so liegt, daß es auf zwei Punkten hin und her wackeln kann. Ich werde jedoch im Folgenden das kalte Metall als das festliegende annehmen, und daher den *Träger* nennen, unter dem Namen *Wieger* aber das heiße Metall verstehn.



flüssig zu seyn, die Untersuchung dieser sonderbaren Erscheinung aufzunehmen, und die Bedingungen derselben durch den Versuch vollständiger zu ermitteln. Ich ging an diese Arbeit in der Voraussetzung, daß die Kraft, um welche es sich hier handelt, *meßbar* seyn werde, und daß durch solche Messungen sich genauer als bis dahin ergeben müsse, von welchen Eigenschaften beider Metalle sie eine Function sey. Es war zu erwarten, daß sich aus der Form dieser Function werde schließen lassen, ob jene Bewegung durch die bereits bekannten Wirkungen der Wärme erklärt werde, oder ob darin eine neue Kraft zu erkennen sey, über welche dann jene Messungen einigen weiteren Aufschluß gewähren würden.

Es ist nöthig zuvörderst zu betrachten, wie eine solche abstossende Kraft beschaffen seyn müsse, um den in Rede stehenden Effect hervorzubringen. Es sey  $b'b$ , Fig. 4 Taf. I, die untere Fläche des Wiegers in der Lage, in welcher sie beide Stützpunkte berührt,  $c'c$  aber die Lage, in welche sie tritt, wenn sie sich um einen dieser Stützpunkte  $a$  dreht. Der Schwerpunkt des Wiegers liege in der Mitte dieser Linie in  $s$ , oder über oder auch unter  $s$ . So lange das eine Ende der Linie von  $b$  nach  $c$  steigt, hat auch der Schwerpunkt eine steigende Bewegung, und eine abstossende Kraft in  $a$  wird dieser Bewegung nicht zu Hülfe kommen, sondern ihr entgegenwirken. Wenn dagegen der Wieger von  $c$  nach  $b$  zurückgeht, so hat der Schwerpunkt eine fallende Bewegung, und diese würde durch eine in  $a$  wirkende Abstossung befördert werden. Blicke also die abstossende Kraft während der ganzen Dauer der Berührung von ungeänderter Stärke, so würde sie die Bewegung des Wiegers, während der Schwerpunkt steigt, eben so sehr verzögern, als während er fällt, beschleunigen, also keine andere Wirkung haben, als eine etwas vermehrte Gravitation, die zwar die Schwingungen etwas schneller, aber keineswegs dauernd machen würde. Um den Verlust

zu compensiren, den der Wieger an seiner Bewegung fortwährend erleidet, müßte jene abstossende Kraft entweder nur während der fallenden Bewegung des Schwerpunktes wirken, oder doch während dieser stärker, als während der steigenden.

Wenden wir dies zunächst auf die Folgerungen an, die Forbes (*Lond. et Edinb. ph. Mag. and Journ. of scienc. IV*) aus dem Schwingen des Trevelyan-Instruments gezogen hat. Indem er aus den von ihm angestellten Beobachtungen den Schluß zieht, daß dauernde Schwingungen immer nur dann eintreten, wenn das heiße Metall ein besserer Wärmeleiter sey, als das kalte, veranlaßt ihn dies zu der Annahme, daß beim Uebergange der Wärme aus einem besseren Leiter in einen schlechteren, hier also am Berührungspunkte der beiden Metalle, eine Abstossung zwischen diesen erzeugt werde. Allein, gesetzt daß eine solche wirklich statt fände, so überzeugt man sich leicht, daß sie in keinem Falle die Wirkung haben würde, die dadurch erklärt werden soll. Fände nämlich der Uebergang von Wärme während der ganzen Dauer der Berührung gleichmäfsig statt, so würde auch diese Kraft fortwährend dieselbe Stärke behalten, und daher nach dem Obigen die anhaltende Dauer der schwingenden Bewegung nicht bewirken können; erwägt man aber, daß die Mittheilung von Wärme im Anfange der Berührung, also während der Schwerpunkt steigt, bedeutender seyn muß, als später, wo er wieder fällt, so sieht man, daß jene vermuthete Kraft sogar eine entgegengesetzte Wirkung haben müßte, als die, welche Forbes ihr zuschreibt. Man müßte also über jene Kraft ganz andere Annahmen machen, die nicht weiter erörtert zu werden brauchen.

Nach der Ansicht von Leslie und Faraday, der auch Trevelyan beigetreten ist, ist zur Erklärung der Erscheinung die Annahme einer besonderen Kraft nicht nöthig, sondern dieselbe beruht auf der durch die Wärme

bewirkten Ausdehnung. Diese Erklärung, wie sie Faraday (*Journ. of the Roy. Inst. IV*; Schweigg. neues Jahrb. IV) bestimmter angiebt, besteht in Folgendem: So lange die kalte Unterlage, z. B. Blei, von dem heißen Metall berührt wird, empfängt es Wärme von demselben und dehnt sich aus, so daß eine kleine Erhöhung auf dem Blei sich erhebt; wenn aber der berührte Punkt von dem heißen Wieger, der jetzt auf die andere Seite fällt, verlassen wird, so zieht sich jene Erhöhung während der Nichtberührung wieder zusammen; der Raum, welchen jeder Berührungspunkt des heißen Metalls beim Fallen durchläuft, ist also größer als der, welchen er beim Steigen vom Blei ab beschrieben hatte, so daß die fallende Seite allemal bis zu einem niedrigeren Niveau gelangt, als die andere; *durch diesen größeren Fallraum* gewinnt es einen Zuwachs an Bewegung, der hinreichend ist, den durch die Hindernisse und den jedesmaligen Stoß erlittenen Verlust zu compensiren, so daß es in der einmal erregten Schwingung beharrt.

Man würde diese Erklärung mißverstehn — wie dieß in der That schon geschehen ist — wollte man das Emporwachsen der Bleierhöhung als eine hebende Kraft betrachten, welche dadurch, daß sie *auf die eine Seite* des Wiegers wirkt, demselben einen stärkeren Schwung gäbe, denn diese würde eben so, wie die von Forbes angenommene abstoßende Kraft, keine andere, als eine schwache entgegengesetzte Wirkung haben. Faraday drückt sich darüber sehr unzweideutig aus, indem er sagt (Schweigg. a. a. O. S. 425): »Die Kraft wird gewonnen *durch den ganzen Wieger*, indem derselbe wirklich erhoben wird durch den Punkt, von welchem er gerade unterstützt wurde, und kommt zur Wirkung durch die herabsinkende Seite des Wiegers etc.« Es ist übrigens einleuchtend, daß hierbei die Zusammenziehung, welche das heiße Metall durch den Verlust an Wärme erleidet, eine entgegengesetzte Wirkung ausübt, und daher von

der Ausdehnung des kalten abgerechnet werden muß, so daß dieser Erklärung zufolge nur dann dauernde Schwingungen zu erwarten seyn werden, wenn die Ausdehnung des kalten Metalls mehr beträgt, als die gleichzeitige Zusammenziehung des heißen.

Faraday schreibt noch einem anderen Umstande einen Theil der Wirkung zu. Indem nämlich der in der Erhitzung begriffene Stützpunkt sich dem in der Abkühlung befindlichen nähert, werde dem Instrument eine seitliche Bewegung ertheilt, die seiner Schwingung zu Statte komme. Wechselte diese seitliche Bewegung in der Art, daß jene Näherung nur während des Steigens des Schwerpunktes stattfände, während seines Fallens aber sich in die entgegengesetzte Bewegung verwandelte, so würde sie allerdings die in Rede stehende Wirkung haben müssen <sup>1)</sup>; dauert sie dagegen, wie dies hier der Fall ist, in gleichem Sinne fort, so muß sie, während der Schwerpunkt fällt, eine entgegengesetzte Wirkung haben, und daher die während seines Steigens erzeugte compensiren. Ist nun gleich diese Compensation hier nicht vollständig, weil die Mittheilung von Wärme in abnehmendem Maasse erfolgt, so scheint doch der kleine davon übrigbleibende Effect unwesentlich zu seyn, da er ohne merkliche Beeinträchtigung des Erfolges ganz beseitigt werden kann. Auf jeden Fall sind die Umstände bei meinen Versuchen von der Art, daß derselbe unberücksichtigt bleiben kann. Dagegen soll der Theil von Faraday's Erklärung, wonach der Zuwachs an Bewegung aus dem Umstande entspringt, daß das Instrument beim Fallen einen größeren Raum durchläuft, als beim Steigen im Folgenden genauer erörtert werden.

Diese Erklärung hat auf jeden Fall das für sich, daß

1) Diese Bedingung wird bei dem Versuche mit der Zuckerzange, den Faraday beibringt, leicht erfüllt werden können, daher dann der Erfolg desselben nicht eine gleiche Wirkung dieser seitlichen Bewegung für den zu erklärenden Versuch beweist.

sie, ohne Hinzuziehung einer Hypothese, den Grund der Erscheinung in eine bekannte Eigenschaft der Wärme setzt, welche den ihr zugeschriebenen Erfolg allemal dann haben muß, wenn die Ausdehnung des kalten Metalls mehr beträgt, als die Zusammenziehung des heißen, und es fragt sich nur 1) ob die geringe Menge Wärme, welche während einer so kurzen Berührungszeit — bis gegen  $\frac{1}{1000}$  Secunde — mitgetheilt wird, und die auch nur eben so viel Zeit hat, sich wieder zu verlieren, hinreichend ist, um jene kräftige Bewegung zu unterhalten, und 2) ob die Erfahrung die Erklärung darin bestätigt, daß in allen den Fällen, wo der Ton entsteht, die Ausdehnung des kalten Metalls wirklich mehr beträgt, als die Zusammenziehung des heißen. In dieser letzteren Beziehung hat Forbes diese Erklärung bestritten.

Faraday nämlich bezeichnet als Grund, warum vorzüglich das Blei sich zur Unterlage eignet, nicht nur den großen Ausdehnungscoefficienten dieses Metalls, sondern auch den Umstand, daß es wegen seiner geringen Wärmeleitung die Wärme mehr an der Berührungsstelle zusammenhalte, und sich daher stärker ausdehne. In Betreff des letzteren Punktes nun erinnert Forbes, daß die größere oder geringere Ausbreitung der Wärme in einem Körper keinen Einfluß auf seine Ausdehnung habe, indem es für den Betrag derselben gleich ist, ob weniger Theile eine starke, oder mehrere eine so vielmal schwächere Erwärmung erleiden; daher komme die Leitung der Wärme nur in sofern in Betracht, als davon die Schnelligkeit ihrer Mittheilung abhängt, und es lasse diese Erklärung vielmehr erwarten, daß eine gute Wärmeleitung, eben sowohl des kalten als des heißen Metalles, stets dem Versuche günstig seyn müsse; im Uebrigen mache sie die Erscheinung nur von dem Ausdehnungscoefficienten der beiden Metalle abhängig, denn da die Zusammenziehung des heißen Metalls weniger als

die Ausdehnung des kalten betragen müsse, so müsse immer das heiße den kleineren Ausdehnungscoëfficienten haben; dieß stehe aber mit der Erfahrung in Widerspruch, indem z. B. heißes Silber auf kaltem Eisen tönt, obgleich die Ausdehnung des Eisens geringer ist, als die des Silbers. Diese Bemerkungen veranlassen Forbes die Erklärung Faraday's zu verwerfen, und das was dieser über den Einfluß der Wärmeleitung sagt, für ein Versehen zu erklären. Allein das Versehen ist nicht auf Faraday's Seite, und Forbes scheint nur nicht beachtet zu haben, daß es sich hier nicht um die gesammte *Volumenänderung* der beiden Metalle handelt, sondern um die *lineare* Ausdehnung und Zusammenziehung, die sie an den Berührungspunkten, und zwar nach der verticalen Dimension erleiden; denn obgleich jene (die Volumenänderung) nur von der Menge der mitgetheilten Wärme abhängt, von deren Vertheilung aber unabhängig ist, so gilt doch dasselbe keineswegs von der Linearausdehnung, sondern diese beträgt allerdings um so mehr, je weniger die Wärme sich ausbreitet.

Diese Bemerkung möge vorläufig genügen, um zu zeigen, daß Faraday's Erklärung durch den Einwurf von Forbes keineswegs widerlegt ist. Ich werde weiter unten nachzuweisen versuchen, in wie weit die vorhandenen Beobachtungen über das Trevelyan-Instrument mit dieser Erklärung in Uebereinstimmung stehen. Um aber dieselbe mit der Erfahrung so zu vergleichen, daß sich daraus eine unzweideutige Bestätigung oder Widerlegung ergebe, waren eigens zu diesem Zwecke angestellte Versuche nothwendig, um so mehr, als die Resultate der beiden Beobachter, die sich am ausführlichsten mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, Trevelyan und Forbes, in einigen wesentlichen Punkten in Widerspruch mit einander stehen.



Aus den bisherigen Beobachtungen über das Trevelyan-Instrument ergeben sich folgende Resultate:

1) Nicht jedes heiße Metall kann ohne Weiteres auf jedem kalten in Schwingung gebracht werden; über die Fälle, wo eine solche eintritt, hat Trevelyan sehr zahlreiche Versuche angestellt, deren Resultate man in folgender Tabelle zusammengestellt findet; die über jeder Columnne genannten Metalle sind die, welche als kalte Unterlage angewandt wurden, die an der linken Seite genannten aber die, welche heiß auf jene gelegt wurden, um in Schwingung zu gerathen; die Kreuze bezeichnen die Fälle wo eine solche Schwingung beobachtet wurde.



Ich entnehme diese Tabelle aus Trevelyan's Abhandlung in *The Lond. and Edinb. phil. Mag. and Journ. of Sc. third Ser.*, Nov. 1833, und habe nur die Ordnung, in welcher die Metalle genannt werden, so geändert, daß die Namen oben einigermaßen die Ordnung angeben, in welcher die Metalle sich vorzüglich zur Unterlage eignen, und die Metalle links herunter ungefähr in der Ordnung stehen, in welcher sie am geeignetsten sind, als heißer Wieger gebraucht zu werden. Fast nur Metalle oder Erze geben eine Schwingung; in einem einzigen Falle hatten Trevelyan und Leslie Schwingungen eines Kupferstabs auf dem Boden eines gläsernen Sturzbechers, doch nicht recht deutlich.

Forbes, welcher ebenfalls eine Reihe von Versuchen über diesen Punkt angestellt hat, hat diese Resultate nur zum Theil bestätigt gefunden, und scheint die übrigen für unrichtig zu halten; denn er stellt folgende Behauptungen als Erfahrungssätze auf:

a) »*Die Schwingungen finden nie statt zwischen Substanzen derselben Beschaffenheit.*« Dies steht, wie man sieht, mit zwei Beobachtungen Trevelyan's im Widerspruch; denn dieser hatte Schwingungen von Kupfer auf Kupfer von fein Messing auf fein Messing und von gewöhnlichem Messing auf gewöhnliches Messing.

b) »*Beide Substanzen müssen metallisch seyn*« Dies erscheint nach der eben angeführten Beobachtung von Trevelyan und Leslie zweifelhaft.

c) »*Die Schwingungen finden mit einer Stärke statt, welche (innerhalb gewisser Gränzen) dem Unterschiede des Leitungsvermögens für Wärme (oder Elektrizität) proportional ist, indem das schlechter leitende Metall als das kalte angewandt werden muß.*« Auch hiermit steht noch eine Beobachtung Trevelyan's im Widerspruch; denn eine solche Umkehrung, wie dieser sie beobachtete, indem Kupfer auf fein Messing und auch fein Messing auf Kupfer zum Tönen kam, würde nach die-

sem Satze von Forbes nicht möglich seyn. Die Reihe, in welche Forbes die Metalle hiernach stellt, ist folgende: *Silber, Kupfer, Gold, Zink, Messing, Platin, Eisen, Zinn, Blei, Antimon, Wismuth* <sup>1)</sup>. Diese Reihe stimmt, wie man sieht, ziemlich mit der Ordnung überein, in welche sich auch, nach Trevelyan's Versuchen, die Metalle stellen, und da dieser in allen den Fällen, wo Forbes Töne erhielt, sie ebenfalls beobachtete, nicht aber umgekehrt, so ist kein Grund vorhanden, in die Zuverlässigkeit der Angaben des Ersteren einen Zweifel zu setzen, sondern es ist zu vermuthen, daß Forbes nur die Bedingungen nicht getroffen habe, unter denen Jener solche Resultate erhielt, Bedingungen, die allerdings von Trevelyan selbst nicht weiter bezeichnet werden, die jedoch, wie ich nachher zeigen werde, nicht schwer zu entdecken sind.

2) Die Schwingungen finden eben sowohl statt, wenn man das heiße Metall, z. B. Kupfer, als Unterlage feststellt, und das kalte, z. B. Blei, beweglich darauf legt, ohne jedoch mit dieser Umkehrung ihrer Lage auch ihre Temperaturen zu vertauschen. Ich werde jedoch, wie bereits oben bemerkt ist, im Folgenden immer das heiße Metall als das schwingende, das kalte als den Träger annehmen.

3) Nach einer Beobachtung von Leslie dauern die Schwingungen im Vacuum der Luftpumpe fort (*Edinb. Journ. of Sc. N. S. XI, p. 142*).

4) Nach einem Versuche von Forbes finden die Schwingungen auch dann statt, wenn man den Bleiblock quer durchschneidet und das Instrument so darauf legt,

1) Antimon und Wismuth stellt er zuletzt, weil sie weder heiß, noch kalt angewendet, eine Schwingung gaben. Ich habe jedoch keine Schwierigkeit gefunden ein Instrument aus Messing auf diesen beiden Metallen zum Tönen zu bringen, besonders wenn der Versuch in der Art, wie in Fig. 2 Taf. I, angestellt wurde.

dafs der eine Rand die eine, der andere die andere Hälfte des Bleis berührt <sup>1</sup>).

5) Die Stärke der Schwingungen nimmt natürlich im Allgemeinen mit der Temperaturdifferenz zu, doch beobachtete Forbes eine Ausnahme von dieser Regel,

- 1) Hierbei mag ein Versuch erwähnt werden, den ich vor längerer Zeit angestellt habe, und der ein ähnliches Resultat in noch grösserer Ausdehnung giebt. Ich schnitt einen Bleiblock quer durch, isolirte die beiden Hälften gegen einander durch einige dazwischen gelegte Blättchen Glimmer und Kartenblatt, und presste sie so mit einer ebenfalls gegen das Blei isolirten Holzschraube gegen einander. Ferner verfertigte ich ein Instrument aus Messing, das der Länge nach in zwei Theile getheilt war, so dafs jede der beiden Hälften einen der beiden Berührungsränder erhielt; Fig. 5 Taf. I zeigt den Querschnitt dieses getheilten Instruments; die beiden Hälften wurden ebenfalls, durch Glimmer getrennt, mit einer Holzschraube gegen einander gepresst. Dadurch erhielt ich vier Fälle: 1) ein ungetheiltes Instrument (von Messing und in der Form wie Fig. 1 Taf. I) auf ungetheiltem Blei; 2) dasselbe auf getheiltem Blei, so dafs es mit jedem Rande eine Hälfte des Bleis berührte; in diesen beiden Fällen tönte das Instrument gleich leicht; denn wenn ich dasselbe erhitzt hatte, und dann auf dem ungetheilten Blei liegen liefs, bis es durch die von selbst eintretende Abkühlung aufhörte zu tönen, so kam es auch auf dem getheilten nicht mehr oder nur momentan zum Tönen; eben so aber auch umgekehrt; 3) das getheilte Instrument auf ungetheiltem Blei, und 4) dasselbe auf getheiltem Blei; in diesen beiden Fällen fand ebenfalls die Schwingung gleich leicht statt, wie ich mich auf dieselbe Weise überzeugt habe. Obgleich ich den zweiten und dritten Fall nicht in derselben Art verglichen habe, so ist doch zwischen diesen beiden Fällen am wenigsten ein Unterschied zu vermuthen, und daher anzunehmen, dafs die Theilung des Wiegers und des Trägers keinen merklichen Einflufs auf die Entstehung hat, und die Schwingungen in allen vier Fällen mit gleicher Leichtigkeit hervorgerufen werden. — Als ich dagegen ein Stück Marmor und ein Stück Blei gegen einander presste, und das erhitzte Messinginstrument so darauf legte, dafs es mit dem einen Rande den Marmor, mit dem andern das Blei berührte, tönte es zwar ebenfalls, forderte aber dazu eine beträchtlich höhere Temperatur, so dafs, nachdem es hier durch die eingetretene Abkühlung zur Ruhe gekommen war, es auf blofsem Blei aufs Neue tönte, und noch fast eine Viertelstunde in der Schwingung beharrte.

wenn sehr heißes Eisen auf Blei gelegt wurde. Ich vermuthe, daß ein beginnendes Weichwerden des Bleis die Hauptursache dieser Anomalie gewesen seyn mag.

6) Die Schwingungen können langsamer und schneller gemacht werden, was sich besonders nach dem Bewegungsmoment des Instruments richtet. Ich habe weniger als 2 und mehr als 800 Schläge in 1 Secunde beobachtet, und diese Gränzen würden sich ohne Frage noch sehr erweitern lassen. Der Ton wird höher, wenn man den Wieger gegen den Träger drückt, weil jener sich dann weniger erheben kann. Nicht selten hört man außer dem Haupttone noch andere, welche Faraday fremden Ursachen, als dem Klingen des Metalls, der Er-zitterung des Tisches etc., zuschreibt <sup>1</sup>).

Die Form des Instruments kann sehr verschieden seyn, wenn es nur auf zwei Punkten hin und her wiegen kann.

---

Indem ich mich zu den Versuchen wende, welche ich angestellt habe, um über die Ursache jener schwin-

- 1) Wenn die vom Schwerpunkt des Wiegers gezogene Senkrechte den Zwischenraum zwischen den beiden Stützpunkten nicht genau halbt, oder sonst das Bewegungsmoment in Beziehung auf diese Punkte ungleich ist, so muß die Bewegung des Instruments gleichsam eine hinkende seyn, indem es eine andere Zeit gebraucht, um von links nach rechts, als von rechts nach links zu fallen. Man könnte glauben, daß dieser Umstand zur Erzeugung von Doppeltönen Anlaß gebe, allein dieß ist nicht der Fall; denn ein solches System von Stößen, wo die Zeit zwischen je zwei Stößen abwechselnd  $t$  und  $t'$  ist, giebt nur *einen* Ton, und zwar von der Höhe, als ob die Zwischenzeit  $t + t'$  wäre, indem es in zwei Systeme der letzteren Art zerlegt gedacht werden muß. Man kann sich davon an der Sirene leicht überzeugen; ich habe z. B. auf eine Scheibe sechzig Löcher gesetzt, deren Abstände abwechselnd 5 und 7 Grad betragen; als dieselbe gedreht und ein Luftstrom dagegen geblasen wurde, gab sie einen Ton von derselben Höhe, wie eine andere Reihe von dreißig Löchern in Abständen von je 12 Grad, und unterschied sich von dieser nur durch etwas größere Stärke des Tons; es ist nicht anders, als ob auf zwei Scheiben der letzteren Art zugleich geblasen würde.

genden Bewegung zu entscheidenden Resultaten zu gelangen, muß ich zuerst das Verfahren beschreiben, das ich bei der Mehrzahl dieser Versuche angewendet habe, um die Schwingungen zugleich langsamer und sichtbarer, und so der Beobachtung und Messung zugänglicher zu machen.

Ich befestige an dem Instrument, welches wagerecht liegt, eine senkrecht nach unten gerichtete, 2 bis 3 Fuß lange Holzleiste (s. Fig. 6 Taf. I); an ihrem unteren Ende oder auch an einer anderen Stelle derselben ist ein Brettchen angebracht, auf welches Gewichte gestellt werden können. Ich werde diese Leiste den *Pendelstab* nennen. Legt man nämlich den so eingerichteten Wieger auf eine geeignete Unterlage und erhitzt ihn, so schwingt er hin und her, und mit ihm zugleich die daran befestigte Leiste, welche dann eine pendelartige Bewegung macht, und durch ihr Bewegungsmoment, zumal wenn sie noch Gewichte trägt, die Schwingungen viel langsamer macht, so daß natürlich die Schläge sich nicht mehr zum Tone vermischen, sondern einzeln hörbar sind. Man kann diesen Apparat so lange als man will in Bewegung erhalten, so daß er, wie das Pendel einer Uhr, ununterbrochen schwingt, indem man eine kleine Lampe unter dem Wieger anbringt, die ihn fortwährend heiß erhält. Daß die Schwingungen hierdurch beliebig langsam gemacht werden können, ist ein für das Gelingen gewisser Versuche sehr wesentlicher Umstand; der Hauptzweck dieser Einrichtung ist aber, die GröÙe jener Wirkung der Wärme meßbar zu machen, welche die Schwingungen dauernd unterhält, sey es nun, daß dieselbe auf einer abstossenden Kraft, oder auf der Ausdehnung beruhe. Bringt man nämlich hinter dem unteren Ende des Pendelstabs eine Skala an, so kann man die GröÙe der Schwingungsweite beobachten, so lange das Instrument heiß ist; läßt man es aber ganz erkalten und stößt es dann an, so kann man beobachten, wie schnell sich seine

Amplitude vermindert, wenn die Hülfe der Wärme fehlt; aus diesen beiden Daten, verbunden mit der Vertheilung der Masse am Instrument, läßt sich dann natürlich jene Gröfse, um deren Messung es sich handelt, berechnen. Endlich gestattet der Apparat auf eine ähnliche Art auch die Fälle zu beobachten, wo die Wärme, anstatt die Schwingungen zu befördern, sie vielmehr vermindert. Es kam z. B. ein Instrument aus Kupfer, auf eine Unterlage von Blei gelegt und durch Anstoßen auf eine Amplitude von  $4^{\circ}$  gebracht, wenn beide Metalle kalt waren, nach einer gewissen Anzahl von Schlägen zu Ruhe; wurde das Kupfer erhitzt, so beharrte es in dauernder Schwingung; war dagegen das Blei erhitzt und das Kupfer kalt, so kam es fast drei Mal schneller zu Ruhe; als wenn beide kalt waren.

Den Träger habe ich, um ihn gehörig festzustellen, gewöhnlich in einen Schraubstock eingespannt. Die Berührung mit dem Eisen des Schraubstocks hat keinen Einfluß auf den Versuch, wie ich mich überzeugt habe, indem ich dasselbe durch Holz oder Glimmer von dem eingeklemmten Metall trennte. Höchstens wird dieses durch die Berührung mit dem Eisen besser kalt gehalten; dieß kann nur erwünscht seyn, und thut denselben Dienst, als ob ein größeres Stück von dem Metall als Träger angewendet würde. In wie fern dabei die Gröfse des eingeklemmten Trägers zu berücksichtigen ist, wird sich im Folgenden zeigen.

Ich wende mich nun zuerst zu der Entscheidung jener Frage, über welche Trevelyan und Forbes entgegengesetzte Resultate erhalten haben, und welche allein schon sehr entscheidend für die Erklärung ist, nämlich 1) kann der Wieger und der Träger von einerlei Metall seyn; und 2) können zwei Metalle ihre Ordnung umkehren, in der Art, daß das Metall, welches vorher heiß auf einem anderen kalten in Schwingung gerathen war, auch umgekehrt kalt als Träger für das letztere, nun-



mehr erhitze dienen kann? Es ist schon oben erwähnt, daß beide Fragen durch ein Paar Versuche von Trevelyan bejaht werden, daß aber Forbes beide entschieden verneint. Da zu vermuthen war, daß der Widerspruch des letzteren nur auf einer weniger geeigneten Art der Beobachtung beruhe, so kam es darauf an, die Bedingungen zu ermitteln, auf denen der vollkommene Erfolg der Versuche Trevelyan's beruhen mochte.

Wenn man von der Voraussetzung ausgeht, daß durch die Berührung der beiden Metalle eine eigenthümliche Kraft erregt werde, so wird man nicht leicht solche Bedingungen denken können; wenn aber mit Faraday angenommen wird, daß die Ausdehnung des kalten Metalls die die Schwingung unterhaltende Ursache ist, so ist diese Bedingung leicht zu finden. Um nämlich z. B. ein Instrument aus Kupfer auf einer Unterlage von demselben Metall in Schwingung zu erhalten, kam es darauf an, die Ausdehnung des Trägers größer zu machen, als die Zusammenziehung des Wiegers, jedoch nicht die gesamte Volumenänderung — denn diese muß, wenn das kalte Kupfer die Wärme empfängt, die das heiße verliert, nothwendig an beiden gleich seyn — sondern die Linear-Ausdehnung und Zusammenziehung nach der verticalen Richtung. Dies mußte eintreten, wenn an dem Träger die Ausbreitung der Wärme nach den Seiten möglichst gehindert, und nur die nach unten gestattet wurde, also wenn der Träger die Gestalt zweier Pyramiden, dünner Prismen oder dergl. erhielt, wenn er in zwei Erhöhungen auslief. In der That habe ich auf diese Weise sowohl die Töne, als auch bei Anwendung des Pendelstabes, die langsameren Schwingungen so vollkommen erhalten, als in irgend einem anderen Falle; das Instrument aus Kupfer kommt auf zwei verticalen Kupferdrähten (wie Fig. 7 Taf. I) oder Kupferspitzen sehr leicht in anhaltende Schwingung. Um sicher zu seyn, daß das als Träger dienende Kupfer ganz von derselben Beschaf-

fenheit, wie der Wieger war, liefs ich von dem Instrument selbst ein Stück abschneiden, und arbeitete an diesem zwei pyramidale Spitzen heraus; wurde nun das Instrument erhitzt auf diese Spitzen gelegt, so tönte es. Man könnte einwenden, dafs das Instrument durch das Erhitzen anlaufe, und also doch nicht zwei ganz gleichartige Oberflächen in Berührung seyen. Dieser Einwurf wird durch folgenden Versuch widerlegt: Ich liefs an dem Wieger zwei Spitzen herausarbeiten, und legte diese auf eine ebene Unterlage von demselben Kupfer (s. Fig. 8 Taf. I). Wurde nun der Wieger erhitzt, so waren Schwingungen zu erwarten, wie vorhin, wenn eine Oxydation des heifsen Metalls die Ursache war; wenn dagegen die Schwingungen auf dem vorhin bezeichneten Umstande beruhten, so mufsten sie jetzt nicht allein nicht dauernd seyn, sondern auch nach dem Anstossen sich schneller vermindern, als wenn das Instrument kalt war. In der That fand nun das Letztere statt, wovon ich mich durch die oben angegebene Art des Versuchs bestimmt überzeugt habe. *Es ist also die Berührung zwischen zwei ungleichen Stoffen nicht eine nothwendige Bedingung des Versuchs.*

Durch ein gleiches Verfahren kann nun auch natürlich die vorhin erwähnte Umkehrung der Ordnung der Metalle leicht bewirkt werden. Nach allen Beobachtungen z. B. kommt heifses Kupfer oder Silber auf kaltem Messing leicht in Schwingung; umgekehrt habe ich ein Instrument von Messing sehr leicht auf kaltem Kupfer oder Silber zum Tönen gebracht, indem ich es mit seiner ebenen Unterfläche auf zwei neben einander gestellte dünne Drähte oder Blechstreifen oder Spitzen von einem dieser Metalle legte. Je dünner diese sind, desto leichter tritt die Schwingung ein, so dafs sie, wenn sie sehr dünn waren, schon erfolgte, wenn die Temperatur des Messings nur um  $50^{\circ}$  R. höher war, als die übrige. — Ich habe auf diese Weise die Ordnung der Metalle

so vollständig umgekehrt, daß ich sogar heißes Blei auf kaltem Kupfer in dauernde Schwingung versetzte, unter den Umständen, unter denen ein solcher Erfolg nach der angenommenen Erklärung zu erwarten war, indem ich nämlich als Träger zwei senkrecht neben einander gestellte Kupferdrähte (wie Fig. 7 Taf. I) anwandte, und die Schwingungen des Bleis durch den Pendelstab ziemlich langsam machte. Sehr schnelle Schwingungen von Blei sind nicht zu erlangen, da es wegen seiner schlechten Wärmeleitung hierzu sehr spitze Träger verlangen würde, die es wegen seiner Weichheit nicht verträgt. Eben so habe ich Schwingungen von Blei auf Eisen (was, wie ich unten zeigen werde, mehr Schwierigkeit als Kupfer darbietet) hervorgebracht. Ich stehe nach diesen Versuchen nicht an zu behaupten, daß *jedes heiße Metall auf jedem kalten unter geeigneten Umständen in dauernde Schwingung versetzt werden kann.*

Diese Beobachtungen zeigen, daß die *Gestalt*, welche die beiden Metalle in der Nähe der Berührungspunkte haben; eben so viel Einfluß auf den Erfolg des Versuches haben kann, als die specifischen Eigenschaften dieser Metalle. Sie sprechen aus diesem Grunde eben so sehr gegen die Annahme einer durch Berührung der ungleich erwärmten Metalle hervorgerufenen besonderen Kraft, welche ohne neue Hülfsypothesen damit unvereinbar seyn würde, als für die Erklärung Faraday's, indem sie zeigen, daß jener Einfluß der Gestalt ganz von der Art ist, wie er nach dieser Erklärung erwartet werden mußte.

Eine weitere und sehr vollständige Bestätigung dieser Ansicht fand ich, als ich die GröÙe dieser vermutheten Ausdehnung und Zusammenziehung des Trägers unter verschiedenen Bedingungen der Messung unterwarf.

Ich werde, um von diesen Messungen eine genauere Vorstellung zu geben, eine Versuchsreihe dieser Art vollständiger beschreiben. — Als Träger gebrauchte ich zwei

Zinkbleche von 0,17 Lin. Dicke. Ich wählte dieses Metall, weil es wegen seines großen Ausdehnungscoëfficienten stärkere Schwingungen als die meisten andern erwarten liefs. Blei und Zinn können zu den Messungen nicht wohl gebraucht werden, weil sie wegen ihrer Weichheit unter den Schlägen des Instruments ihre Gestalt an den Berührungsstellen sehr merklich ändern und allmählig immer mehr platt geschlagen werden. Die beiden Zinkbleche hatten die in Fig. 6 Taf. I angezeigte Gestalt, und waren zwischen drei andere dickere Zinkstücke so gefasst und in den Schraubstock eingespannt, daß sie, in einem geringen Abstände neben einander, aus jenen Stücken hervorragten, und daher allein vom Instrument berührt werden konnten; auch waren die letzteren so ausgefeilt, daß die in den Berührungspunkten mitgetheilte Wärme, sich erst in dem dünnen Zinkblech einige Linien weit auszubreiten hatte, ehe sie an die einschließenden Stücke gelangte. Der Wieger von Kupfer hat eine rechtwinklich prismatische Gestalt, wie der in Fig. 2 Taf. I angegebene; er ruht mit seinem kupfernen Stiel auf einem harten, aber nicht metallischen Rande, mit dem vorderen Theile seiner ebenen Unterfläche aber auf den beiden Zinkblechen, so daß die Spalte zwischen diesen letzteren dem Stiel parallel ist. Die drei Stützpunkte, die er auf diese Weise hat, sind sehr genau in eine wagerechte Ebene gebracht und der Pendelstab senkrecht nach unten gerichtet. Um theils das Bewegungsmoment, theils die Schnelligkeit der Schwingungen abzuändern, hatte ich an dem Pendelstabe drei Brettchen angebracht, 7, 14 und 28 Zoll vom Kupfer, und belastete diese bei verschiedenen Versuchen mit verschiedenen Gewichten, nämlich 4 Loth, 16 Loth und 2 Pfund. — Um aber dem Kupfer eine constante und bei allen Versuchen gleiche Temperatur zu geben, bringe ich unter demselben, nahe dem Stiele, eine kleine Spirituslampe an, und regulire sie so, daß einige Stückchen der Ro-

se'schen Legirung, die auf dem Instrument liegen, geschmolzen werden, mit Ausnahme derjenigen, welche am äussersten Rande desselben am weitesten von der Lampe entfernt liegen. Man gelangt auf diese Weise ziemlich leicht dahin, die Temperatur des Instruments mehrere Stunden ohne merkliche Veränderung zu erhalten, und es kann die Temperatur des Wiegers auf etwa  $80^{\circ}$  R. oder wenig höher angenommen werden, so dass bei einer Temperatur des Zimmers von etwa  $14^{\circ}$  das Kupfer um  $65^{\circ}$  bis  $70^{\circ}$  R. erwärmt war. — Ist der Apparat so aufgestellt, so kommt er beim leisesten Anstosse in Bewegung und die Schwingungen vergrößern sich allmählig von selbst bis zu einer gewissen Amplitude, welche sie dann beibehalten, so lange die Temperatur ungeändert bleibt. Auf dieselbe gehen sie auch zurück, wenn man das Instrument durch Anstoßen in eine stärkere Bewegung versetzt hat. Diese constante Amplitude, welche mit  $\alpha$  bezeichnet werde, wird an einer Skala abgelesen, die, auf 5 Min. getheilt, noch einzelne Minuten zu schätzen gestattet. Nachdem die Lampe ausgelöscht und das Instrument im Laufe einiger Stunden vollkommen erkaltet ist, wird es durch Anstoßen auf eine Amplitude gebracht, die etwas größer ist als die vorige, und nun beobachtet, wie viel Schwingungen es macht, bis sich die Amplitude um ein Bestimmtes vermindert hat, woraus sich ergibt, um wie viel sich die Amplitude bei jedem einzelnen Schlage vermindert; diese letztere Größe heiße  $\Delta\alpha$ . Außerdem muß man noch kennen: den Abstand der beiden Zinkbleche von einander, welcher  $d$  heiße, und bei dem in Rede stehenden Versuche 1,7 Lin. betrug; ferner die Entfernung vom Stützpunkte des Stiels bis zu den beiden Punkten, wo das Instrument auf den Zinkblechen ruht; diese Entfernung, welche  $D$  genannt werde, betrug 11,3 Lin.; endlich die Lage des Schwerpunkts am Instrument; es werde der Stützpunkt des Stiels als Anfangspunkt der Abscissen und die von

da nach der Zinkspalte gezogene Linie als Abscissenlinie genommen; die Abscisse des Schwerpunktes heiße  $A$ , seine Ordinate  $L$ ; sie ergeben sich, wenn man die Schwere und die Lage des Schwerpunktes am unbelasteten Wieger, und dann die Gröfse und Lage der daran angebrachten Gewichte kennt. Aus diesen Daten läßt sich berechnen, wie viel die periodische Ausdehnung und Zusammenziehung des Zinks in der Richtung einer durch den Berührungspunkt gezogenen Senkrechten betragen mufs, wenn man die dadurch entstehende Vergrößerung des Fallraums als die, die Bewegung unterhaltende Ursache ansieht. Es wird nämlich diese Gröfse, die ich der Abkürzung wegen die *Hebung* nennen will:

$$= \frac{D}{D-A} \cdot L \Delta \alpha \frac{\sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta)}{\cos \frac{1}{2}\beta},$$

wo 
$$\operatorname{tang} \frac{1}{2}\beta = \frac{1}{2} \frac{d}{L} \cdot \frac{D-A}{D}$$

oder mit einer für die beobachteten Fälle hinreichenden Abkürzung, da  $d$  viel kleiner als  $L$  ist:

$$\frac{D}{D-A} L \Delta \alpha \frac{1}{2}(\alpha + \beta).$$

Eigentlich giebt dieser Ausdruck den Unterschied zwischen der Linearveränderung des Zinks und der, welche gleichzeitig der kupferne Wieger an den Berührungspunkten erleidet; allein bei der geringen Dicke der Zinkbleche kann die letztere im Vergleich mit der ersteren nur so gering seyn, dafs sie vernachlässigt werden darf.

Folgende Tabelle enthält die in den bereits bezeichneten Fällen beobachteten Werthe der in Rechnung kommenden Gröfsen, nebst der daraus berechneten Hebung. Die erste Spalte enthält  $P$ , das Gewicht des Wiegers (einschließlich der am Pendelstabe angebrachten Beschwerung) in Lothen; die zweite und dritte die Ordinate und Abscisse des Schwerpunktes in Pariser Linien; die vierte die beobachtete Schwingungsweite  $\alpha$ ; die fünfte giebt an, wie viel einzelne Schläge das In-

strument, wenn es kalt war, machen mußte, damit sich der Schwingungsbogen um 100 Minuten verminderte, so daß die angegebene Zahl  $= \frac{100}{\Delta\alpha}$ , wenn  $\Delta\alpha$  in Minuten ausgedrückt wird; die sechste Spalte enthält die daraus berechnete Hebung  $h$ , d. h. die periodische Lineärausdehnung und Zusammenziehung des Zinks in Par. Linien; in der siebenten ist unter  $N$  angegeben, wie viel einzelne Pendelschläge das Instrument während einer Minute machte.

<i>P.</i>	<i>L.</i>	<i>A.</i>	$\alpha.$	$\frac{100}{\Delta\alpha}$	<i>h.</i>	<i>N.</i>
102,5	206",3	74",4	6° 28'	535	0",00100	73
-	102,8	-	6 18	327	0,00084	106
-	48,6	-	5 14	165	0,00074	152
54,5	105,7	77,7	6 30	274	0,00101	74
-	57,0	-	6 0	174	0,00086	107
-	31,6	-	5 12	109	0,00078	137
42,5	43,1	79,6	6 14	129	0,00093	83
-	27,5	-	5 38	93	0,00086	112
-	19,3	-	5 14	72	0,00084	126

Man sieht hieraus, daß *die Gröfse der gemessenen Hebung von dem Bewegungsmoment des Instruments unabhängig ist, und nur von der Dauer der Berührung abhängt*, indem sie, wie zu erwarten war, bei kürzerer Berührung mit dem Wieger, d. h. bei schnelleren Schwingungen kleiner ausfällt.

Auch als ich die Gewichte oben auf den Wieger setzte, so daß  $L$  sehr kleine oder selbst einen negativen Werth erhielt, bekam ich, wenngleich hier eine geringere Genauigkeit der Messung zu erreichen ist, ähnliche Resultate. Als der Abstand der beiden Zinkbleche von einander fast doppelt so groß genommen wurde, erhielt ich bei einer fast um die Hälfte geringeren Amplitude nahe gleiche Werthe der Hebung; an dickeren Zinkblechen dagegen war dieselbe geringer.

Was aber die Gröfse der gefundenen Hebung betrifft, so beträgt sie in den eben berichteten Fällen z. B. bei einer Dauer der Berührung von  $\frac{4}{5}$  Secunde ungefähr  $\frac{1}{1000}$  Linie, das ist so viel als ein Stückchen Zink, das 1 Linie lang wäre, bei einer Temperaturerhöhung von noch nicht  $30^\circ$  R. sich ausdehnen würde. Bei den angeführten Beobachtungen beträgt der Temperaturwechsel an den Berührungspunkten selbst mehr als  $30^\circ$ , muß aber mit der Entfernung von da sehr rasch abnehmen; aus den Beobachtungen läßt sich schätzen, daß er im Abstand von ein Paar Linien sehr unmerklich seyn müsse; dieß setzt eine nur sehr mäßige Schnelligkeit der Ausbreitung der Wärme voraus, und es wird daher Faraday's Erklärung auch von der Seite bestätigt, daß *die der Ausdehnung zugeschriebene Wirkung keineswegs größer ist, als der anderweitig bekannte Ausdehnungscoefficient und die Wärmeleitung des als Träger angewendeten Metalles zulassen.*

Nimmt man dagegen an, daß die Bewegung durch eine Kraft unterhalten werde, die während eines Theiles der Schwingung am Berührungspunkt thätig sey, und mit der Schwere in gleichem Sinne wirke, so läßt sich auch deren Gröfse aus den mitgetheilten Beobachtungen berechnen. Dieselbe erhält aber in den beobachteten Fällen so ungleiche Werthe, daß dadurch jene ohnehin wenig begründete Annahme vollends ausgeschlossen wird.

Als ich zwei Eisenbleche von  $0''{,}18$  Dicke an die Stelle der Zinkbleche setzte, fand ich bei 74 Schwingungen in 1 Min. die Hebung  $= 0,00037$ , also  $2\frac{2}{3}$  Mal kleiner als beim Zink. Nun dehnt sich aber auch das Eisen bei gleicher Erwärmung  $2\frac{2}{3}$  Mal schwächer aus als das Zink; es mußten also die Träger von Eisenblech die Wärme in demselben Maafse wie die von Zinkblech aufgenommen und verbreitet haben. Dieß stimmt vollkommen mit der Angabe von Despretz überein, daß Eisen und Zink fast einerlei Wärmeleitung haben. Diese Ueber-



einstimmung wird auch nicht geändert, wenn man die etwas ungleiche Dicke der Bleche und die Wärmecapacität beider Metalle mit in Rechnung bringt. Diese Beobachtung bestätigt also Faraday's Erklärung auf eine auffallende Weise, indem sie ein Beispiel davon giebt, daß *die aus dem Versuch berechnete Hebung, unter übrigen gleichen Umständen, dem um 1 verminderten Ausdehnungscoëfficienten proportional ist.*

Um andererseits den Einfluß der Wärmeleitung des Trägers zu prüfen, habe ich in derselben Weise eine Anzahl Messungen an verschiedenen Metallen angestellt, die ich in Gestalt von Drähten, wie Fig. 7 Taf. I anwandte. Dabei war es zugleich nöthig den Einfluß, welchen die Dicke der Drähte und ihre Länge (d. h. die Länge der aus dem Schraubstock hervorragenden Enden) ausübt, einigermaßen zu prüfen. Diese Fälle gestatten, wenn man gewisse Einflüsse vernachlässigt, eine leichte theoretische Behandlung. Ich habe nämlich

a) vorausgesetzt, daß die Dicke der Drähte unbedeutend sey im Vergleich mit ihrer Länge oder vielmehr mit dem Theile ihrer Länge, der bei dem Versuche einem merklichen Temperaturwechsel ausgesetzt ist.

b) Es ist der ungleiche Einfluß vernachlässigt, welchen die aus den Oberflächen der Drähte durch Strahlung entweichende Wärme auf ihren Temperaturzustand hat, eben so wie auch nur die bei der Berührung ihnen mitgetheilte, nicht die aus dem Wieger in sie einstrahlende Wärme in Rechnung gezogen ist.

c) Bei der geringen Dicke der Drähte ist angenommen, daß die Zusammenziehung, welche der kupferne Wieger durch die abgegebene Wärme (in der verticalen Richtung) erleidet, vernachlässigt werden kann gegen die viel größere Ausdehnung des Drahtes.

d) Aus demselben Grunde ist vorausgesetzt, daß die Temperaturänderung, welche der Wieger an den Berührungspunkten durch die abgegebene Wärme erleidet,

unmerklich sey, so dafs auch der Draht an den Berührungspunkten während der ganzen Dauer der Berührung auf einer nahe constanten Temperatur erhalten wird, während auch das untere, eingeklemmte Ende desselben durch die Berührung mit dem Schraubstock auf einer constanten Temperatur bleibt.

Obgleich die unter solchen Voraussetzungen abgeleiteten Resultate nur eine angenäherte Gültigkeit haben können, und andererseits die Beobachtung gewissen Schwierigkeiten unterworfen ist, die ihr nur einen mässigen Grad von Genauigkeit zu geben erlauben, so wird doch bei der grossen Verschiedenheit, welche die Metalle in ihren thermischen Eigenschaften zeigen, eine ziemlich gute Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung zulässig.

Folgende Gesetze, welche unter jenen Voraussetzungen sich ergeben, sind von mir mit der Erfahrung verglichen und übereinstimmend gefunden worden.

Die Hebung, d. h. die periodische Ausdehnung und Zusammenziehung, welche die Drähte in ihrer Längsrichtung durch die wiederholte Berührung mit dem heissen Wieger und die darauf folgende Abkühlung erleiden, hängt ab:

1) *Vom Ausdehnungscoëfficienten*, und ist dem um 1 verminderten Coëfficienten proportional, wie diess bereits oben für Bleche in einem Falle nachgewiesen worden ist.

2) *Von der Dicke der Drähte*. Wäre der Draht mit seinem Querschnitt, oder in einer Ausdehnung, welche dem Querschnitt proportional ist, mit dem Wieger in Berührung, so würde Dicke (so lange sie gering ist) keinen Einfluss haben; da diess aber nicht der Fall seyn kann, vielmehr das Instrument bei seiner schwingenden Bewegung die kleine Drahtfläche in jedem Augenblicke nur in einem Punkte oder in einer Linie berühren kann, so muß bei gröfserer Dicke sich die mitgetheilte Wärme mehr zur Seite ausbreiten, und daher die zur Messung

kommende verticale Linearausdehnung geringer seyn. Diefs wird bestätigt durch Beobachtungen, die ich an Kupfer- und Eisendrähten angestellt habe; doch sind die Resultate nicht hinreichend vergleichbar, um den Einfluß der Dicke empirisch festzustellen.

3) *Die Hebung hängt ab von der Länge der Drähte.*  
Wenn man die Länge der aus dem Schraubstock hervorragenden Drahtenden von Null an wachsen läßt, so muß mit ihr die Hebung von Null an wachsen, wenngleich nicht in demselben Verhältniß. Diefs wird bestätigt durch folgende mit vieler Sorgfalt ausgeführte Beobachtung. An Kupferdraht von 0",38 Dicke betrug,

bei einer Länge von	1",8	die Hebung	0",00120
- - - -	2,8	- - -	0,00149
- - - -	4,3	- - -	0,00164

wenn das Instrument 74 Schläge in der Minute machte. Allein diefs Wachsen der Hebung hat eine Gränze; denn wenn die Länge des Drahtes so groß genommen wird, daß der periodische Temperaturwechsel gegen sein unteres eingeklemmtes Ende hin unmerklich wird, so wird durch die so vermehrte Länge nicht nur *keine* Vergrößerung der Hebung, sondern im Gegentheil eine Verminderung derselben hervorgebracht, das Letztere deshalb, weil nun der dem Temperaturwechsel unterworfenen Theil sich nicht so gut abkühlen kann, als wenn der Draht kürzer wäre. Die Hebung wird daher bei einer gewissen Länge ein Maximum erreichen und bei weiter zunehmender Länge wieder abnehmen. Bei dem eben erwähnten Versuche war diefs Maximum noch nicht erreicht; um ein solches zu beobachten, nahm ich einen dickeren Kupferdraht, nicht allein weil dieser eine größere Länge vertrug, ohne an Steifheit zu sehr zu verlieren, sondern auch weil hier diefs Maximum bei geringerer Länge zu erwarten war, als am dünneren Drahte. An Kupferdraht von 0",66 Dicke beobachtete ich

bei einer Länge von 2",8	eine Hebung von 0",00112
- - - - 4,4 - - -	0,00128
- - - - 6,6 - - -	0,00116

An Eisendraht von 0",42 Dicke schien dies Maximum bei einer geringeren Dicke einzutreten, wie dies auch bei der geringeren Wärmeleitung dieses Metalls der Fall seyn muß.

4) *Die Hebung hängt ab von der Wärmeleitung und Capacität der Drähte.* Unter den vorhin angegebenen Voraussetzungen kann in einem sehr geringen Abstände vom Berührungspunkte die Fortpflanzung der Wärme im Draht als linear angesehen und die Theorie darauf angewendet werden, welche Fourier (*Théor. de la Chaleur, Chap. IX*) für solche Fortpflanzung giebt. Wenn man nämlich eine Masse an einem Ende auf einer constanten erhöhten Temperatur erhält, so pflanzt sich die Wärme in's Innere dieser Masse fort, und wenn dieselbe nur nach *einer* Richtung fortschreitet, so ist die Entfernung von der Endfläche, in welcher nach einer gegebenen Zeit eine gegebene Temperaturerhöhung eingetreten ist, proportional  $\sqrt{\frac{K}{c}}$ , wo  $K$  die Wärmeleitung <sup>1)</sup> und  $c$  die Wärmecapacität nach Volumen bedeutet. Nimmt man daher Drähte aus verschiedenem Stoffe, und macht die Länge und Dicke derselben pro-

1) Wenn eine zwischen zwei unbegrenzten parallelen Ebenen eingeschlossene Schicht, deren Dicke  $= 1$  ist, an einer ihrer beiden Gränzflächen auf  $80^{\circ}$  R., an der andern auf  $0^{\circ}$  erhalten wird, so tritt nach Verlauf einer längeren (eigentlich unendlich langen) Zeit ein stationärer Temperaturzustand in ihr ein. Die Menge Wärme, welche dann während einer Zeiteinheit durch eine Flächeneinheit auf irgend einer den Gränzflächen parallelen Ebene durchgeht, ist das, was Fourier *Wärmeleitung*,  $K$  nennt; diese Größe ist es, deren relative Werthe Despretz für mehrere Substanzen gemessen hat. (Vergl. Fourier, *Théorie de la chaleur*, §. 69. 79, und diese Annalen Bd. XII S. 281.)

portional  $\sqrt{\frac{K}{c}}$ , so muß sich die Wärme in ihnen auf ganz entsprechende Weise, nur mit ungleicher Geschwindigkeit verbreiten, und daher die Hebung proportional  $E \sqrt{\frac{K}{c}}$  seyn, wenn unter  $E$  der um 1 verminderte Ausdehnungscoëfficient verstanden wird. Es ist hierbei vorausgesetzt, daß die Ausdehnung, in welcher der Draht vom Wieger berührt wird, seinen Dimensionen proportional sey, eine Bedingung, der sich nicht genau genügen läßt, und in deren mangelhafter Erfüllung wohl die erheblichste Fehlerquelle für vergleichende Versuche an verschiedenen Metallen liegen mag; denn wenn man auch die Enden der Drähte bei allen Versuchen sehr gleichmäfsig zugerichtet hat, so erleidet doch deren Oberfläche unter den Schlägen des Instruments eine kleine Veränderung, so daß bei den weicheren Metallen die Berührung vollkommener wird, als bei den härteren. — In der folgenden Tabelle ist die Hebung angegeben, die ich an einigen Drähten (bei 74 Schwingungen in einer Minute) beobachtet habe, und mit der des Kupfers in der Art verglichen, daß ich aus den bereits angeführten Beobachtungen an Kupferdraht durch Interpolation die Hebung für verschiedene Längen und Dicken dieses Metalls abgeleitet und daraus nach dem eben aufgestellten Gesetze berechnet habe, welche Hebung an den anzuführenden Metallen nach dem anderweitig bekannten Werthe von  $E$ ,  $K$  und  $c$  zu erwarten waren.

	Dicke.	Länge.	Hebung	
			beobachtet.	berechn. nach d. des Kupfers.
Silber	0",57	3",8	0",00185	0",00183
Zink	0,38	3,2	0,00173	0,00189
Eisen	0,42	1,8	0,00042	0,00051
-	-	2,8	0,00042	0,00058
-	-	4,3	0,00032	0,00052
-	0,24	1,9	0,00072	0,00069

Erwägt man einerseits die mancherlei Fehlerquellen dieser Messungen und andererseits die nicht unbeträchtliche Ungenauigkeit der sämtlichen Data, welche den berechneten Werthen zum Grunde liegen, so wird man in diesen Beobachtungen im Allgemeinen eine große Uebereinstimmung finden. Nur die am dickeren Eisendraht beobachteten Werthe sind beträchtlich kleiner als die berechneten, was sich jedoch, zufolge der vorhin gemachten Bemerkung, aus der unvollkommenen Berührung, die dieses Metall wegen seiner Härte erleidet, genügend zu erklären scheint; auch ist natürlich die Vernachlässigung der Zusammenziehung des Wiegers weniger zulässig bei einer so geringen Hebung wie die des Eisens. Auch an Platindraht fand ich die beobachtete Hebung viel geringer als die berechnete, was bei dem geringen Ausdehnungscoefficienten dieses Metalls wohl ebenfalls zum Theil dem zuletzt genannten Umstande zuzuschreiben ist; indess sind die Angaben sowohl über die Wärmeleitung <sup>1)</sup> als über die Ausdehnung dieses Metalls so verschieden, daß die Berechnung hier sehr unsicher wird.

Obgleich ich auf diese Versuche viele Sorgfalt verwendet habe, so zweifle ich doch nicht, daß man mit gewissen Verbesserungen des Apparats und mit Berücksichtigung einiger der von mir vernachlässigten Einflüsse ihnen eine größere Genauigkeit zu geben im Stande seyn würde, und daß sie dann nicht ohne Nutzen seyn würden für die empirische Prüfung der Gesetze, nach welchen die Mittheilung und Verbreitung der Wärme erfolgt, Gesetze, welche bekanntlich theoretisch so vollständig behandelt sind, wie wenig andere physikalische Probleme, aber nur in einigen besonderen, und von dem vorlie-

1) Forbes stellt nach seinen mit Fourier's Contactthermometer gemachten Beobachtungen, die im Uebrigen dieselbe Ordnung der Metalle, wie Despretz's Messungen geben, die Wärmeleitung des Platins zwischen die des Eisens und Zinks, wonach sie drei Mal kleiner seyn müßte, als Despretz sie gefunden.

genden sehr verschiedenen Fällen mit der Erfahrung verglichen sind. Die hier mitgetheilten Beobachtungen können dieß nur mangelhaft leisten, und es würde auch vergeblich seyn, ihnen eine größere Genauigkeit zu geben, wenn nicht zugleich die zur Berechnung kommenden thermischen Eigenschaften an den dem Versuche unterworfenen Metallen selbst anderweitig untersucht wurde. Sie reichen aber für den Zweck, den ich zunächst im Auge hatte, vollkommen hin, und zeigen namentlich, daß hier, *wo die Wärme sich im Träger ziemlich linear fortpflanzt, eine bessere Wärmeleitung desselben die Schwingungen stärker macht*, also einen entgegengesetzten Einfluß ausübt, als wenn sie sich vom Berührungspunkte aus nach allen Seiten hin ausbreitet, wie bei der gewöhnlichen Art des Versuchs, so daß z. B. das Silber, das, als Block angewendet, sich weniger zum Träger eignet, als die meisten andern Metalle, in Drahtgestalt angewendet, die stärksten Schwingungen giebt, und seiner guten Wärmeleitung wegen solche Metalle übertrifft, die einen größeren Ausdehnungscoëfficienten haben. Man kann aus den vorhin mitgetheilten Beobachtungen einigermaßen berechnen, welche Werthe  $\frac{K}{c}$  für die untersuchten Metalle haben müßte, dieß giebt ungefähr, wenn man den Werth für Kupfer = 1 setzt:

für Silber	1,583	Zink	0,473	Eisen (Mittelwerth)	0,323
statt der Zahlen	1,566		0,516		0,404

die sich aus den anderweitig bekannten Werthen der Wärmeleitung und Capacität ergeben.

---

Es bleibt mir nun noch übrig zu zeigen, daß auch die Resultate, welche die gewöhnliche Art des Versuchs gegeben hat, wo die Erwärmung und Abkühlung sich im Träger eben so wie im Wieger nach allen drei Dimensionen auszubreiten hat, mit Faraday's Erklärung nicht im

im Widerspruch stehen. Es kann hier nur von einer Uebereinstimmung im Allgemeinen die Rede seyn; denn um eine solche in jedem einzelnen Falle nachzuweisen müßte das Detail dieser Versuche ganz anders bekannt seyn. Man müßte hierzu außer den übrigen thermischen Eigenschaften die äußere Wärmeleitung der beiden Metalle, so wie ihre Gestalt, nicht nur in der Nähe der Berührungspunkte, sondern im Ganzen kennen, um aus diesen Daten den periodischen Temperaturwechsel an den Berührungsstellen nach einer viel weniger einfachen Theorie zu berechnen. Um aber die daraus entspringende Volumenänderung zu erhalten, würden, da die erwärmten und abgekühlten Theile wegen ihres Zusammenhangs mit den übrigen Theilen sich nicht ihrer Temperaturänderung gemäß ausdehnen und zusammenziehen können, auch noch die Cohäsionseigenschaften der beiden Körper, namentlich ihr Elasticitätsmodulus, mit in Rechnung zu bringen seyn. Kommt es aber nicht auf eine genauere Berechnung der GröÙe der Schwingungen, sondern nur darauf an, zu übersehen, unter welchen Umständen dieselben überhaupt stattfinden, und ob sie im Allgemeinen stark oder schwach seyn werden, so kann man, wenigstens sofern der Einfluß der Cohäsionseigenschaften vernachlässigt werden darf, durch folgende Betrachtung mit hinreichender Annäherung zum Ziele gelangen.

Zwei Metalle von ungleicher Temperatur berühren sich in einem Punkte; der Krümmungshalbmesser ihrer Berührungsflächen ist als sehr groß angenommen im Vergleich zu der Tiefe, zu welcher sich eine merkliche Temperaturänderung erstreckt. Es bezeichne  $K$  die Leitung,  $c$  die Capacität und  $E$  den um 1 verminderten Ausdehnungscoefficienten für das kältere, und  $K'$ ,  $c'$ ,  $E'$  dieselben Größen für das wärmere Metall. Vernachlässigt man die an den Oberflächen anderweitig aus- und einströmende Wärme, und bringt nur die am Berührungspunkt mitgetheilte in Anschlag, so bekommt das eine



Metall die Wärme, die das andere verliert; diese Menge heiße  $W$ . Nun verbreitet sich die Erwärmung im einen und die Abkühlung im andern über Halbkugeln, deren Halbmesser wegen der ungleichen Leitung ungleich seyn werden. Bezeichnen  $r$  und  $r'$  diese Halbmesser, so daß sich die Halbkugeln wie  $r^3 : r'^3$  verhalten, so wird die Erhöhung und Erniedrigung ihrer Temperatur beziehungsweise proportional  $\frac{W}{c \cdot r^3}$  und  $\frac{W}{c' \cdot r'^3}$ , also die lineare Aus-

dehnung und Zusammenziehung proportional  $\frac{W \cdot E}{c \cdot r^2}$  und  $\frac{W \cdot E'}{c' \cdot r'^2}$ . Wenn nun, wie ich annehmen zu dürfen glaube,

$r : r' = \sqrt{\frac{K}{c}} : \sqrt{\frac{K'}{c'}}$ , so verhält sich demnach die Linearausdehnung des kalten Metalls zu der Zusammenziehung des heißen wie  $\frac{E}{K} : \frac{E'}{K'}$ , und der Unterschied beider ist proportional  $W \left( \frac{E}{K} - \frac{E'}{K'} \right)$ . Wendet man

nun dies auf das Trevelyan-Instrument an, so leuchtet ein, daß der Erfolg des Versuchs von dem Werthe abhängt, den dieser Ausdruck für die beiden dazu verwendeten Metalle annimmt. Ob Schwingungen entstehen, wird davon abhängen, ob dieser Werth positiv oder negativ ist, wie stark sie aber sind, von der GröÙe desselben. Soll die Schwingung stattfinden, so muß jene GröÙe positiv seyn, d. h. das kalte Metall einen größeren Werth für  $\frac{E}{K}$  haben, als das heiÙe. Berechnet man

den Werth dieser GröÙe für die Metalle, deren Leitung man durch Despretz kennt, so stellen sie sich in folgende Ordnung: *Platin, Gold, Kupfer, Silber, Eisen, Zink, Zinn* <sup>1)</sup> und *Blei*, welches letztere bei Weitem

1) Die Werthe für Zink und Zinn fallen gleich aus; der Grund warum das letztere den Versuchen zufolge tiefer in der Reihe steht, ist in

den größten Werth erhält. Diese Reihe stimmt mit den Beobachtungen Trevelyan's größtentheils gut überein, und weicht davon nicht mehr ab, als aus dem Einfluß der Bedingungen, die hier außer Rechnung gelassen werden mußten, zu erwarten stand. Auch Forbes Beobachtungen dienen der angenommenen Erklärung vielmehr zur Bestätigung als zur Widerlegung<sup>1)</sup>.

Es muß übrigens bemerkt werden, daß die hier berechnete Reihe angiebt, *welche Metalle* als Träger für irgend einen Wieger oder umgekehrt — für den Fall, daß die Form die Schwingungen weder begünstigt noch hindert — dienen können, aber nicht identisch ist mit den Reihen, welche sich ergeben würden, wenn die Metalle nach der *Intensität* der Schwingungen geordnet werden sollten, die sie als Träger für einen gegebenen heißen Wieger oder als Wieger für irgend einen Träger erzeugen würden.

Diese Bemerkung betrifft zugleich die Beantwortung einer Frage, welche für unseren Gegenstand von besonderer Bedeutung ist, nämlich: warum die Schwingungen nur zwischen Metallen erfolgen. Denn wenn, wie hier gezeigt ist, und wie auch schon Faraday erkannt hatte, eine schlechtere Wärmeleitung dem Träger zu Statten kommt, so muß es auf den ersten Blick befremden, daß alle viel schlechtere Wärmeleiter gar nicht als Träger

seiner drei Mal geringeren Elasticität zu suchen. Derselbe Umstand einer noch viel geringeren Elasticität kommt auch dem Blei als Träger zu Statten.

- 1) Die Platina würde eine tiefere und mit den Beobachtungen, besonders von Forbes, besser übereinstimmende Stelle erhalten, wenn sie die geringe Wärmeleitung besäße, die Forbes ihr zuschreibt (Siehe oben S. 31 Anm.). Allein der Grund, warum die Beobachtungen ihr eine zu tiefe Stelle anweisen, liegt wohl hauptsächlich in der geringen Dicke des angewendeten Metalls, daher es denn auch natürlich ist, daß Forbes, wie er selbst anführt, zuerst, da er mit einem dünnen, eckigen Stück von diesem Metall experimentirte, ihr eine noch tiefere Stelle anweisen zu müssen glaubte.

anwendbar sind. So wird z. B. Glas für  $\frac{E}{K}$  einen beträchtlich größeren Werth geben als Blei, und daher, wenn zwischen diesen beiden Stoffen überhaupt Schwingungen erzeugt werden können, das Blei der heisse Theil seyn müssen, wenn wenigstens nicht die Bedingungen der Gestalt auf die oben erörterte Art eine Umkehrung veranlassen. Dennoch kommen alle Metalle auf Blei sehr leicht in Schwingung, auf Glas aber ist das kaum in einem zweifelhaften Versuche gelungen. Der Grund davon wird sogleich einleuchten, wenn man erwägt, daß die Gröfse  $W\left(\frac{E}{K} - \frac{E'}{K'}\right)$ , deren Werth die Stärke der Schwingungen bestimmt, aus zwei Factoren besteht, welche Functionen von  $K$  und  $K'$  sind; beide wachsen mit  $K'$ , d. h. die Schwingungen sind um so stärker, je besserer Leiter das heisse Metall ist. Dagegen wird, wenn  $K$  abnimmt, der eine Factor  $\left(\frac{E}{K} - \frac{E'}{K'}\right)$  größer, der andere  $W$  kleiner, und es wird eine Gränze geben, von wo an der günstige Einfluß, den die schlechte Leitung des Trägers wegen des ersten Factors hat, durch den entgegengesetzten des zweiten aufgehoben und überwogen wird. Denkt man sich  $K'$  und  $c'$  constant, so hängt  $W$  nur noch von  $K$  und  $c$  ab, und darf, wie ich glaube, proportional  $\sqrt{\frac{K^3}{c}}$  gesetzt werden, wodurch der Ausdruck  $W\left(\frac{E}{K} - \frac{E'}{K'}\right)$  übergeht in  $\left(E - \frac{E'K}{K'}\right)\sqrt{\frac{K}{c}}$ , wo man dann sogleich sieht, daß, während der eine Factor  $\sqrt{\frac{K}{c}}$  immer gleichmäfsig mit  $K$  abnimmt, der andere, in der Klammer enthaltene, bei abnehmendem  $K$  erst sehr rasch wächst, und selbst vom Negativen zum Positiven übergehen kann, so lange  $K$  und  $K'$  nicht sehr

verschieden sind, dagegen, wenn  $K$  sehr viel kleiner als  $K'$  geworden ist, sich bei weiterer Verminderung von  $K$  nur wenig ändert, zumal wenn zugleich  $E'$  kleiner ist als  $E$ ; das ganze Product muß demnach bei abnehmendem  $K$  erst wachsen bis zu einem Maximum, sodann aber wieder abnehmen, so daß, wenn  $K$  sehr klein ist, der daraus entspringende Zuwachs an Bewegung nicht hinreicht, den durch die Hindernisse entstehenden Verlust zu compensiren. Hierin liegt, wie ich glaube, der Hauptgrund, warum gewöhnlich nur Metalle die Erscheinungen geben, daher ich es nicht für nöthig halte ein Paar andere Umstände, welche auch noch in gleichem Sinne wirken müssen, zu erörtern. Ich halte es jedoch nicht für unmöglich, nicht nur Metalle auf Glas und dergleichen, sondern auch umgekehrt, oder Glas auf Glas in Schwingungen zu versetzen.

Sollte die Theorie, die ich hier zu geben versucht habe, auch einige nicht ganz strenge Voraussetzungen enthalten, so werden doch die daraus gezogenen Folgerungen im Wesentlichen, so weit sie nicht eine genauere quantitative Berechnung des Phänomens betreffen, ihre Gültigkeit behalten. Jedenfalls wird man daraus erkennen, daß die bisherigen Beobachtungen über das Trevelyan-Instrument nichts enthalten, was mit Faraday's Erklärung im Widerspruch stände, daß vielmehr diese Beobachtungen, so weit sie eine Beurtheilung zulassen, dieselbe im Allgemeinen nur bestätigen.

Fassen wir nun die Resultate der geführten Untersuchung zusammen, so hat sich Folgendes ergeben:

*Die Schwingungen treten allemal ein, wenn die Linearausdehnung, die der kalte Träger durch die ihm mitgetheilte Wärme nach der verticalen Richtung erleidet, mehr beträgt, als die gleichzeitig erfolgende lineare Zusammenziehung des heißen Wiegers. Dieß hängt vorzüglich ab von der Gestalt, welche die beiden Metalle in der Nähe der Berührungstellen haben, von ihrer*

*Wärmeleitung (und Capacität) und von ihren Ausdehnungscoëfficienten. Nämlich:*

1) *Jedes heiße Metall kann auf jedem kalten (von gleichem oder verschiedenem Stoffe) in dauernde Schwingung versetzt werden, wenn ihre Gestalt so gewählt wird, daß die Wärme sich in dem kalten bedeutend weniger zur Seite ausbreitet, als die Kälte in dem heißen.*

2) *Wenn die Wärme sich in dem kalten nur nach unten fortpflanzt, die Kälte in dem heißen aber vom Berührungspunkte aus sich nach allen drei Dimensionen verbreitet, so sind die Schwingungen caet. par. um so stärker, je besserer Wärmeleiter das kalte Metall ist.*

3) *Wenn aber die Wärme sich auch im Träger bedeutend zur Seite ausbreitet, so sind die Schwingungen im Gegentheil um so stärker, je schlechterer Leiter derselbe ist, doch nur bis zu einer gewissen Gränze, über welche hinaus auch hier die noch schlechtere Wärmeleitung eine entgegengesetzte Wirkung hervorbringt.*

*Unter allen Umständen sind die Schwingungen um so stärker*

4) *je besserer Leiter das heiße Metall ist,*

5) *je mehr sich in ihm die Kälte vom Berührungspunkte aus verbreiten kann,*

6) *je kleiner sein Ausdehnungscoëfficient, und*

7) *je größer der des kalten Metalls ist.*

## II. Bemerkungen über einige andere durch Wärme hervorgerufene Töne.

Die Töne des Trevelyan-Instruments werden nicht wie die meisten Töne durch Schwingungen hervorgebracht, welche einfach aus dem Bestreben entspringen, das gestörte Gleichgewicht in der Elasticität der Theile herzustellen, sondern sind, indem sie durch das wiederholte Gegeneinanderschlagen zweier festen Körper entstehen, den Klirrtönen und den an Savart's Zahnrad

erzeugten zu vergleichen. Anders verhält es sich mit einigen andern Fällen, wo durch Wärme Töne hervorgerufen werden, worüber ich hier gelegentlich ein Paar Bemerkungen anreihen werde.

Wenn nämlich ein Körper vermöge seiner Elasticität regelmässiger tönender Schwingungen fähig ist, so werden diese so leicht durch die geringsten Ursachen hervorgerufen, daß die Wärme auf mehr als eine Art ihre Entstehung veranlassen kann. So bemerkt man oft, wenn Wasser erhitzt wird, daß beim Beginnen des Siedens das Gefäß tönt, indem es durch die Erschütterungen des Wassers in Schwingung versetzt wird. Dieser Ton entsteht also eben so, wie wenn die in moussirendem Wasser aufsteigenden Gasbläschen das Gefäß zu einem wiederholten leisen Tönen bringen, und kann von jenem Schalle, den das Aufsteigen der Dämpfe im Wasser an sich erzeugt, dadurch unterschieden werden, daß er dieselbe Höhe hat wie der, den man beim Anschlagen des Gefäßes hört. Andere ähnliche Fälle bieten sich Jedem, der darauf achtet, nicht selten dar, und bedürfen keiner Erläuterung.

Die von Cagniard de Latour bemerkte Erregung von Wasserschwingungen durch erstarrenden Phosphor (dies. Annal. Bd. XXVI S. 352) und die von Pinaud beschriebenen Töne, die durch Wasserdämpfe in Kugelröhren hervorgerufen werden (ebend. Bd. XXXII S. 610), gehören, in sofern dabei ebenfalls Schwingungen tonfähiger Körper durch Wärme veranlaßt werden, in dieselbe Klasse.

Einen andern bemerkenswerthen Fall, der hierher zu rechnen ist, hat Strehlke in dies. Ann. Bd. XXXIII S. 405 zur Sprache gebracht, nämlich das Erklingen von Zinkmassen beim Erhitzen, so wie beim Abkühlen. Dieser Ton, welcher nicht continuirlich, sondern nur augenblicklich von Zeit zu Zeit erscheint, wird, wie dort schon gezeigt ist, durch eigentliche Schwingungen — ge-

wöhnlich Transversalschwingungen — des Zinks erzeugt, und ist daher immer einer von denen, die der Körper auch beim Anschlagen giebt. An einer runden Zinkscheibe, die in der Mitte mit einem Griff versehen ist, konnte ich denselben Ton, den sie beim Erwärmen und Abkühlen giebt, nicht nur durch Anschlagen, sondern auch durch Streichen mit dem Violinbogen erhalten, wo dann als Klangfigur das rechtwinklige Kreuz entstand. Bei ziemlich schnellem Temperaturwechsel hört man den Ton zuweilen recht stark; schwach aber, und nur vernehmlich wenn das Zink vor das Ohr gehalten wird, hört man ihn in unzähligen und so schnell aufeinanderfolgenden Wiederholungen, daß eine nicht zu dünne Zinkscheibe, wenn man sie nur mäßig erwärmt, während ihres Erkaltens in einem beständigen Geklingel bleibt. Auch bedarf es zur Erzeugung des Tones einer so schwachen Temperaturänderung, daß ich ihn wiederholt und deutlich an einer Zinkscheibe wahrgenommen habe, als ich sie aus einem Raume in einem nur 12° R. wärmeren brachte. — Ueber die nächste Ursache dieses Tones, nämlich durch Schwingungen, kann kein Zweifel seyn, und es ist derselbe dem des Trevelyan-Instruments keineswegs zu vergleichen. Nicht so leicht ist es aber, sich von der Ursache, welche die Schwingungen erregt, eine ganz deutliche Vorstellung zu machen. Denn wenn man annehmen darf, daß die Ausdehnung beim Erwärmen die kleinen Erschütterungen verursacht, die das Zink erleidet, so geht daraus hervor, daß diese Ausdehnung nicht mit der Stetigkeit erfolgt, die man erwarten sollte, sondern plötzlich und ruckweise.

Dies wird noch auffallender in einem andern Beispiele, das offenbar gleicher Natur ist. Jedermann kennt die Erscheinung, daß eiserne Ofenthüren in der Hitze öfters einen eigenen Laut hören lassen. Obgleich derselbe nur ein unvollkommener Ton ist, so ist doch seine Höhe wohl erkennbar, und man wird immer finden, daß

es einer von denen ist, welche die Thüre auch beim Anschlagen giebt; zuweilen bemerkt man auch mehrere dieser Töne. Diese Erscheinung, welche eben sowohl beim Erhitzen der Thüre durch die Gluth des Ofens als beim Abkühlen derselben eintritt, zeigt sich mit einer ausgezeichneten Regelmäßigkeit, wenn die Temperaturveränderung gleichmäßig von Statten geht. Oeffnet man nämlich die heisse Ofenthüre und läßt sie auf diese Weise sich abkühlen, so hört man jenen Ton oft wiederholt, erst sehr schnell nach einander in kleinen Zeiträumen, welche zuerst gleich erscheinen, sehr bald aber anfangen allmählig größer zu werden und so gleichmäßig wachsen, bis zuletzt, wenn der Verlust an Wärme nur noch langsam von Statten geht, der Ton nur noch einzelne Male in größeren Zwischenräumen sich hören läßt. Man sieht aus dieser Regelmäßigkeit, daß die Erscheinung nicht von gewissen localen und mehr zufälligen Ursachen abhängt, auf die man hier zuerst sein Augenmerk zu richten geneigt seyn möchte. Das Gleichgewicht, welches in dem Cohäsionszustand der Theile des Eisens bei irgend einem Temperaturzustand eingetreten ist, wird durch eine Temperaturveränderung gestört, und dieselben müssen in einen neuen Gleichgewichtszustand übergehen; man würde erwarten, daß dieser Uebergang stetig erfolgte; aus dem Angeführten aber scheint hervorzugehen, daß er ruckweise eintritt, in Perioden, die um so größer sind, je langsamer die Temperaturänderung von Statten geht. Es ist als ob die Kraft, welche das Ausdehnen und Zusammenziehen bewirkt, immer erst zu einer gewissen Stärke angewachsen seyn müsse, ehe sie die Bewegung der Theile hervorzubringen im Stande ist. Schlägt man gegen die Thüre, während sie im regelmäßig und schnell wiederholten Tönen ist, so pausirt sie einige Augenblicke, fängt aber dann sogleich wieder an, und fährt mit derselben Regelmäßigkeit fort. — Man bemerkt übrigens diese Töne



nicht nur an geschmiedetem Eisen und solchem, das aus Theilen zusammengefügt ist, sondern auch an Gufseisen, und zwar an Massen, die aus einem Stück gegossen sind, so wie an anderen Metallen, z. B. an Messingblech.

Der Grund, warum das Zink diese Erscheinung besonders leicht giebt, ist in dem großen Ausdehnungscoëfficienten und dem krystallinischen Gefüge dieses Metalls zu suchen, indem letzteres, wegen der ungleichen Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen einen Druck der Theile auch in dem Falle erzeugen muß, wenn die Erwärmung in allen Theilen gleichmäfsig geschieht; beim Eisen muß dieser durch ungleiche Erwärmung der Theile bedingt seyn. An einer ziemlich dicken Antimonscheibe habe ich ein ähnliches Geklingel, wie vorhin vom Zink erwähnt wurde, bemerkt, doch nur bei einem viel jäheren Temperaturwechsel. Am Zinn entstehen diese Töne ziemlich leicht.

Eine andere bekannte Erscheinung, an die man sich durch jenes Tönen des Zinks erinnert finden könnte, ist das Knistern des Schwefels beim Erwärmen, doch ist dieß mit der Erscheinung an den Metallen sicher nicht einerlei, da es offenbar von der Bildung kleiner Sprünge herrührt, indem der Schwefel so spröde ist, daß seine Krystalle oft schon durch die Wärme der flachen Hand zu einem heftigen Zerspringen gebracht werden. Eher dürfte vielleicht das Knistern beim Biegen des Zinns auf eine ähnliche Ursache bei der mechanischen Ausdehnung, wie an jenen Metallen bei der Erwärmung bezogen werden.

Es ist von mehreren Seiten bei Gelegenheit jener Töne des Zinks, so wie des Trevelyan-Instruments an die Töne erinnert worden, die mein Vater an thermomagnetischen Apparaten wahrgenommen hat. Die betreffende Stelle (§. 48 seiner Abhandlung in den Schriften der K. Acad. der Wissenschaften, 1822 bis 1823) lautet also: »In (zweigliedrigen) Kreisen von Kupfer mit Antimon oder von Kupfer mit Zink wurde bei schneller,

starker Erhitzung des einen Berührungspunktes von Zeit zu Zeit ein Klang gehört, wobei jedesmal die Magnetnadel, deren Bewegung etwas gestockt hatte, plötzlich weiter rückte, und von dem erreichten Stande nicht wieder zurückkehrte. Auch bei der Abnahme der Declination nach ausgelöschten Lampen glaube ich einigemal eine solche plötzliche Beschleunigung in der nun rückgängigen Bewegung der Magnetnadel bemerkt zu haben, wenn sich jener Klang vernehmen liefs. — Selbst anhaltende Töne wurden in einigen jener zweigliedrigen Kreise gehört, namentlich in Kreisen von Messing und Zinn, dergleichen von Messing und Blei, wo sogar Doppeltöne ein sehr tiefer und ein hoher, beide schwach, doch sehr deutlich zu hören waren. Die magnetische Polarisation in diesen beiden Kreisen war dabei sehr schwach etc.“

Obgleich sich über die Natur der beobachteten That- sachen nicht mit völliger Bestimmtheit entscheiden läfst, so ist es doch sehr wahrscheinlich, daß die zuerst erwähnten Klänge an den Kreisen von Kupfer mit Antimon und Zink von der Natur waren, wie die so eben besprochenen, und es ist in diesem Falle das plötzliche Weiterrücken der Magnetnadel beim Eintreten jenes Klanges ein bemerkenswerther Umstand, wofern es nicht etwa blofs von der Erschütterung herrührt, die mit der Entstehung jenes Klanges verbunden ist, und die sich vielleicht der Nadel mitgetheilt haben kann. — Die anhaltenden Töne an Messing mit Blei und Zinn mögen dagegen eher von der Natur derer am Trevelyan-Instrument gewesen seyn.

Ob auch Steinmassen bei der Erwärmung in solcher Weise wie das Zink tönen können, ist mir nicht bekannt. Im Bejahungsfalle möchte man vermuthen, daß die bekannten Töne der Memnonssäule <sup>1)</sup>, so wie die

1) Die Memnonssäule, eine sitzende colossale Statue aus *einem* Stein, deren Obertheil durch Cambyzes (oder bei einem Erdbeben) herabgestürzt worden, gab bei Sonnenaufgang einen Ton, den Pausa-

in den Granitgemächern von Carnak von dieser Art sind; doch schreiben Einige sie einem Luftstrome zu, und führen sie also auf eine ähnliche Ursache zurück, wie man von den Tönen der Granitberge am Orinoco vermuthet, von denen A. von Humboldt berichtet.

[ *Berichtigung.* In den Formeln S. 23 ist  $\frac{D}{A}$  statt  $\frac{D}{D-A}$  und  $\frac{A}{D}$  statt  $\frac{D-A}{D}$  zu setzen. ]

## II. Untersuchungen über die specifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper; von Victor Regnault <sup>1</sup>).

### Erste Abhandlung.

Eine große Anzahl Physiker hat sich mit Bestimmung der specifischen Wärme beschäftigt, und dennoch lassen unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand viel zu wünschen übrig. Die Hauptarbeiten über denselben sind die von Wilke, Crawford, Gadolin, Dalton, Mayer, Lavoisier und Laplace, Dulong und Petit, Delaroche und Bérard, und endlich, in den letzten Jahren, die von Neumann und von Avogadro. Aber erst seit den schönen Untersuchungen von Dulong und Petit ist die Wärmecapacität der Körper mit einiger Genauigkeit bestimmt worden, erst seitdem weiß man bei diesen feinen Untersuchungen die hauptsächlichsten

nias dem Reissen einer Saite vergleicht und der, nach Strabo, klingt, wie von einem mäßigen Schlage. In späterer Zeit hat der obere Theil eine aus mehreren Stücken bestehende Restauration erhalten. Nach den Berichten mehrerer Reisenden giebt die Statue noch heute zuweilen des Morgens jenen Ton, den die französischen Reisenden (*Description de l'Egypt. Antiq. II*) dem Schwingen einer Saite vergleichen. Alte und neuere Nachrichten über die Memnonssäule findet man gesammelt in F. Jacobs vermischten Schriften, IV.

1) Aus den *Ann. de chim. et de phys.* T. LXXIII p. 5.

**Fehlerquellen zu vermeiden.** Die Versuche vor diesen berühmten Physikern können kein Vertrauen einflößen; denn neben einigen Zahlen, die wenig von den wahren abweichen, findet sich eine Masse anderer, die zwei bis drei Mal zu groß sind. Man muß jedoch einige Versuche von Lavoisier und Laplace ausnehmen, die mit vieler Sorgfalt gemacht zu seyn scheinen und sich wenig von der Wahrheit entfernen.

Dulong und Petit haben sich mit der specifischen Wärme unter zwei Umständen beschäftigt. In ihrer großen Arbeit über die Erkaltungsgesetze (*Journal de l'école polytechnique*, T. XI) geben sie die specifische Wärme einiger Substanzen, bestimmt durch die Methode des Mengens zwischen den sehr weit abständigen Temperaturgränzen  $0^{\circ}$  und  $350^{\circ}$ , und sie zeigen, daß die Wärmecapacität der Körper, gleich deren Ausdehnbarkeit, mit der Temperatur zunimmt.

Die von diesen geschickten Physikern gefundenen Zahlen sind folgende:

	Mittlere Capacität	
	zwischen $0^{\circ}$ und $100^{\circ}$ .	zwischen $0^{\circ}$ und $300^{\circ}$ .
Eisen	0,1098	0,1218
Quecksilber	0,0330	0,0350
Zink	0,0927	0,1015
Antimon	0,0507	0,0549
Silber	0,0557	0,0611
Kupfer	0,0949	0,1013
Platin	0,0335	0,0355
Glas	0,177	0,190.

Einige Jahre später sind Dulong und Petit auf die specifische Wärme zurückgekommen (*Ann. de chim. et de phys.* T. X). Durch ein neues Verfahren, bekannt unter dem Namen der *Methode des Erkaltens*, deren Princip von Tob. Mayer angegeben war, haben sie die specifische Wärme mehrerer einfacher Körper bestimmt, und durch den Vergleich der erhaltenen Werthe mit

den entsprechenden Atomgewichten, geglaubt das gemein merkwürdige Gesetz aufstellen zu können; *dass die Atome aller einfachen Körper genau die nämliche Wärmecapacität besitzen.*

Die Zahlen, auf welche Dulong und Petit ihr Gesetz begründen, sind folgende:

	Specifische Wärmen.	Atomgewichte.	Producte aus beiden.
Wismuth	0,0288	1330	38,30
Blei	0,0293	1295	37,94
Gold	0,0298	1243	37,04
Platin	0,0314	1116	37,40
Zinn	0,0514	735	37,79
Silber	0,0557	675	37,59
Zink	0,0927	403	37,36
Tellur	0,0912	403	36,75
Kupfer	0,0949	395,7	37,55
Nickel	0,1035	369	38,19
Eisen	0,1100	339,2	37,31
Kobalt	0,1498	246	36,85
Schwefel	0,1880	201,1	37,80.

Die dritte Spalte der Tafel enthält die Producte der zusammengehörigen Atomengewichte und specifischen Wärme; diese Producte müßten gleich seyn, wenn das Gesetz genau wäre. In der That sieht man, daß die Zahlen in der dritten Spalte so wenig von einander abweichen, daß man die kleinen Schwankungen den unvermeidlichen Fehlern der Versuche zuschreiben kann. Das Dulong-Petit'sche Gesetz schien also wohl begründet, es verlieh der Betrachtung der Wärmecapacität der Körper eine unerwartete Wichtigkeit, und stellte sie unter die merkwürdigsten Punkte der allgemeinen Physik. Indefs fanden sich auch bald Anomalien ein. In der That waren zur Zeit, da Dulong und Petit ihre Arbeit veröffentlichten, die Atomgewichte der ein-

einfachen Körper noch nicht alle auf eine ganz sichere Weise bestimmt; man hatte oft für das Atomgewicht desselben einfachen Körpers zwischen mehreren fast gleich wahrscheinlichen Zahlen zu wählen, und Dulong und Petit gaben natürlich derjenigen den Vorzug, welche am besten mit ihrem Gesetz übereinstimmte.

Gegenwärtig sind diese Unsicherheiten nicht mehr da. Die späteren Entdeckungen von Mitscherlich über die Isomorphie haben neue Mittel geliefert, uns in der Wahl der Atomgewichte einfacher Körper zu leiten, und die so genauen Versuche von Berzelius haben den Zahlenwerth derselben in einer Weise festgestellt, daß darüber wenig Zweifel bei den Chemikern übrig bleiben können.

Vertauscht man die von Dulong und Petit angenommenen Atomgewichte gegen die jetzt allgemein gebräuchlichen, so findet man, daß ihr Gesetz sich bei weitem nicht so genügend bewährt. Man überzeugt sich davon durch einen Blick auf folgende Tafel, in welcher die Berzelius'schen Atomgewichte angenommen sind.

	Spec. Wärme.	Atomgewichte.	Producte aus beiden.
Wismuth	0,0288	887.	25,53
Blei	0,0293	1295	37,94
Gold	0,0298	1243	37,04
Platin	0,0314	1233	38,72
Zinn	0,0514	735	37,99
Silber	0,0557	1351	75,18
Zink	0,0927	403	37,36
Tellur	0,0912	806	73,50
Kupfer	0,0949	395,7	37,55
Nickel	0,1035	369	38,19
Eisen	0,1100	339,2	37,31
Kobalt	0,1498	369	55,28
Schwefel	0,1880	201,1	37,80

Bei Annahme der neuen Atomgewichte ist, um dem

Gesetz der Atome zu folgen, die specifische Wärme des Wismuths um ein Drittel zu klein, die des Silbers und des Tellurs dagegen zwei Mal, und die des Kobalts um etwa ein Drittel zu groß; endlich entfernt sich auch die des Platins von der theoretischen Zahl, und die Abweichung würde selbst noch größer seyn, wenn man die Zahl 0,0335 annehmen wollte, die Dulong und Petit in ihrer ersten Arbeit über die specifische Wärme gegeben haben. Das Product der specifischen Wärme in das Atomgewicht wäre dann 41,30.

Bei ihren ersten Untersuchungen fanden Dulong und Petit für die specifische Wärme des Antimons die Zahl 0,0507, die auch zu dem Gesetz der Atome nicht stimmt; denn das Product dieser Zahl in das Atomgewicht ist 40,94. Endlich würde auch, nach Berzelius, die von diesen beiden Physikern gefundene, aber nicht veröffentlichte Wärmecapacität des Arsens gleichfalls mit dem allgemeinen Gesetz in Widerspruch seyn.

Man sieht hieraus, daß unter den von Dulong und Petit ihrer specifischen Wärme nach bestimmten einfachen Körpern die Zahl derjenigen, die dem Gesetz der Atome nicht genügen, mindestens eben so groß ist als die der damit übereinstimmenden, und daß neue Versuche durchaus nöthig sind, um die Ideen über diesen wichtigen Punkt der Wissenschaft zu befestigen.

Seit der letzten Arbeit von Dulong und Petit haben zwei ausgezeichnete Physiker, Hr. Neumann in Königsberg und Hr. Avogadro in Turin, Untersuchungen über die specifische Wärme der Körper angestellt; allein sie haben das Dulong-Petit'sche Gesetz als bewiesen für die einfachen Substanzen angenommen, und bloß gesucht ein ähnliches Gesetz für die zusammengesetzten Körper aufzustellen. Hr. Avogadro indeß hat die specifische Wärme einiger von Dulong und Petit nicht untersuchten Körper bestimmt, namentlich die des Jods, der Kohle, des Phosphors und des Arsens; allein  
lei-

leider kann die Art, wie Herr Avogadro die Methode des Vermengens angewandt hat, kein großes Vertrauen einflößen; wovon man sich durch den von diesem Physiker angeführten Versuch über die specifische Wärme des Wassers überzeugen kann. Dieser Versuch, der zur Controle der Methode angestellt wurde, gab nämlich für die Capacität des Wassers: 0,888, statt 1,000. Der Unterschied ist sehr groß <sup>1</sup>). Hr. Avogadro nimmt an, daß er von Fehlerquellen, die bei seinen Verfahren für alle Substanzen constant seyen, herühre, und um ihn in Rechnung zu ziehen, berechnet er die specifische Wärme der übrigen Substanzen nach seinen Beobachtungen, indem er die specifische Wärme, statt 1,000, gleich 0,888 setzt. Diese Annahme ist ganz unzulässig; die Fehler müssen mit der Leitungsfähigkeit der Substanzen variiren.

Ich werde hier nicht die von den HH. Neumann und Avogadro für die Wärmecapacität zusammengesetzter Körper erhaltenen Resultate discutiren, so wenig wie die Gesetze, welche sie aufzustellen gesucht haben. Diese Erörterung findet ihren natürlichen Platz in einer künftigen Abhandlung, in welcher ich die von mir angestellten Versuche über die specifische Wärme der zusammengesetzten Körper mittheilen werde. Die Arbeit, welche ich heute die Ehre habe, der Academie zu übergeben, handelt nur von der specifischen Wärme einfacher Körper.

Ehe ich in das Einzelne meiner Versuche eingehe, will ich über die verschiedenen, bisher zur Bestimmung

1) Der Versuch würde eine noch niedrigere Zahl gegeben haben, wenn Hr. Avogadro nicht schon eine Berichtigung daran angebracht hätte, nämlich durch die Annahme, daß die im siedenden Wasser erhitzten Körper im Moment ihrer Eintauchung in das kalte Wasser, welches zur Auffangung der abgegebenen Wärme bestimmt ist, nur 95° C. besitzen.



der specifischen Wärme befolgten Verfahren einige Bemerkungen machen.

Zur Bestimmung dieser Wärme kennt man drei allgemeine Methoden: 1) die des Schmelzens von Eis oder die calorimetrische, 2) die des Mengens und 3) die des Erkaltens.

Die Methode des Eisschmelzens kann genaue Resultate geben; allein die Anwendung wird immer sehr beschränkt seyn, weil sie sich nur schwierig auf Körper von beliebiger Form anwenden läßt; überdies ist sie mit einiger Sicherheit nur auszuführen, sobald die äussere Temperatur sehr wenig von  $0^{\circ}$  abweicht.

Die Methode des Erkaltens, so wie sie von Dulong und Petit vervollkommen worden, erfordert nur die Anwendung einer kleinen Menge von Substanz. Die Substanz ist immer pulverförmig oder flüssig, und alle Körper lassen sich immer leicht in dem einen oder andern dieser beiden Zustände erhalten.

Unglücklicherweise beruht aber die Methode des Erkaltens auf mehreren Hypothesen, die bei weitem nicht erwiesen sind. Bekanntlich besteht sie darin, daß man die fein gepülverte Substanz in ein kleines cylindrisches Gefäß von sehr dünnem und auswendig wohl polirtem Silber bringt, und in die Axe dieses Gefäßes den Behälter eines Thermometers von großer Empfindlichkeit und sehr geringer Masse stellt. Die Substanz in dem Silbergefäß wird stark zusammengestampft und darauf bedeckt mit einem kleinen Deckel von polirtem Silber, der durchbohrt ist, um den Stiel des Thermometers hindurchzulassen. Das kleine Gefäß wird nun bis  $30^{\circ}$  oder  $40^{\circ}$  C. erhitzt und dann in ein großes gebracht, das man durch Eis beständig auf  $0^{\circ}$  erhält und mittelst der Luftpumpe luftleer macht. Bei den Versuchen von Dulong und Petit bestand dieß große Gefäß aus einem Metallcylinder, dessen innere Oberfläche mit Kienruß überzogen war, um das Absorptionsvermögen auf das Maximum zu bringen. Man beobachtete das Erkalten des Thermometers

indem man mittelst eines Chronometers die Zeit aufzeichnete, welche das Thermometer gebrauchte, um eine constante Temperaturdifferenz, von  $10^{\circ}$  bis  $5^{\circ}$ , zu durchsinken. Diese einzige Beobachtung reicht hin, das Verhältniß der spec. Wärmen zweier in dem Silbergefäß enthaltenen Substanzen zu liefern, sobald das Gewicht dieser Substanzen bekannt ist. Denn da, zu Anfange des Beobachtens der Erkaltung die Temperaturunterschiede zwischen der Substanz und der Hülle nur sehr klein sind, so kann man das Newton'sche Gesetz als streng annehmen, und dem zufolge zwischen dem Temperaturüberschuß  $\vartheta$  und der Zeit  $t$  die Beziehung aufstellen:

$$-\frac{d\vartheta}{dt} = m\vartheta \text{ oder } \log \vartheta = mt + \text{const.}$$

Beim besagten Versuch hat man, zu Anfange der Zeit,  $\vartheta = 10^{\circ}$ , folglich  $-\log 10 = \text{constans}$ , und daraus:

$$\log 10 - \log \vartheta = mt \text{ oder } m = \frac{\log 10 - \log \vartheta}{t}$$

Man hat die Zeit  $t$  aufgezeichnet, welche das Gefäß gebraucht, um von  $\vartheta = 10^{\circ}$  auf  $\vartheta = 5^{\circ}$  überzugehen. Für diese zweite Gränze hat man also:

$$m = \frac{\log 2}{t}.$$

Man kann aber auch für den Coëfficienten  $m$  einen anderen Werth auffinden.

In der That besitzen alle Substanzen, da sie die nämliche Hülle haben, auch das nämliche Ausstrahlungsvermögen. Der Coëfficient  $m$  oder der Bruchtheil eines Grades, den der Körper in der Einheit der Zeit für eine Temperaturdifferenz von  $1^{\circ}$  verliert, kann nur abhängen von der Gröfse  $s$  der strahlenden Fläche, vom Ausstrahlungsvermögen  $e$  dieser Fläche, von der Masse  $M$  der das kleine Gefäß erfüllenden Substanz und von deren specifischen Wärme  $c$ . Sonach hat man also nothwendig:

$$m = \frac{se}{Mc},$$

und, wenn man diesen Werth von  $m$  dem früheren gleich setzt:

$$\frac{se}{Mc} = \frac{\log 2}{t} \text{ und daraus } Mc = \frac{set}{\log 2}.$$

Für eine andere das Gefäß erfüllende Substanz, deren Masse  $M'$  und specifische Wärme  $c'$ , hätte man gleichgestalt:

$$M'c' = \frac{set'}{\log 2},$$

folglich:

$$\frac{M'c'}{Mc} = \frac{t'}{t}.$$

Dieser sehr einfache Ausdruck giebt das Verhältniß zwischen den specifischen Wärmen zweier Substanzen:

In Wirklichkeit darf man nicht den Einfluß der Erkaltung des kleinen Silbergefäßes und des Thermometerbehälters vernachlässigen. Man zieht ihn in Rechnung indem man ihn durch vorläufige Versuche ein für alle Mal bestimmt und darauf für alle übrigen als constant betrachtet. Zu dem Ende macht man zwei Versuche mit zwei Substanzen, deren specifische Wärmen wohl bekannt sind, z. B. mit Kupfer und Silber. Bezeichnet man dann mit  $k$  die Wärmemenge, welche bei jedem Versuch während der Erkaltung von dem Thermometerbehälter und dem kleinen Gefäß abgegeben werden, so hat man:

$$\frac{M'c' + k}{Mc + k} = \frac{t'}{t}.$$

Diese Gleichung giebt  $k$ , das man nun auf gleiche Weise in alle übrigen Relationen einführt.

Die obigen Gleichungen setzen voraus:

1) Dafs beim Erkalten alle Theile der das Gefäß erfüllenden Substanz beständig eine gleiche Temperatur

bewahren, was schwierig anzunehmen ist, wenn man das sehr schlechte Leitvermögen pulverförmiger Substanzen erwägt; sie setzen wenigstens voraus, daß während der Zeit, in welcher der Thermometerbehälter eine Erkaltung von  $5^{\circ}$  anzeigt, alle Theile der Substanz um dieselbe Gröfse erkalten.

2) Daß der Stiel des Thermometers, welches die Axe des Cylinders einnimmt, bei allen Versuchen vermöge seiner inneren Leitungsfähigkeit die nämliche Wärmemenge entweichen lasse. Der Fehler, der bei so langsamen Erkaltungen, wie sie bei diesen Versuchen stattfinden, aus dieser Ursache entspringen kann, darf wohl nicht vernachlässigt werden.

3) Muß man annehmen, daß die Wärme immer mit gleicher Leichtigkeit aus den letzten Theilchen der Substanz in die berührende Wand übergehe, von welcher Natur die Substanz auch sey. Diese Gleichheit des äußeren Leitvermögens durch Contact ist bei weitem nicht erwiesen. Es ist sogar ziemlich wahrscheinlich, daß jede Substanz ihren besonderen Coëfficienten habe. Jene Gleichheit des Leitvermögens durch Contact findet offenbar nicht statt für zwei Flüssigkeiten, von denen die eine die Wand benetzt und die andere nicht.

4) Das Ausstrahlungsvermögen des kleinen Gefäßes muß während der ganzen Dauer der Versuche constant bleiben. Diese Bedingung kann nicht streng erfüllt werden; allein es ist leicht, die wegen Aenderung der strahlenden Fläche nöthige Berichtigung zu ermitteln, indem man von Zeit zu Zeit eine Beobachtung mit derselben Substanz anstellt.

5) Endlich muß auch das Absorptionsvermögen der Hülle während der ganzen Dauer der Versuche unveränderlich bleiben. Diese Bedingung hat man dadurch zu erfüllen geglaubt, daß man das Absorptionsvermögen der Hülle auf das Maximum brachte, d. h. die innere Ober-

fläche derselben mit einer Schicht Kienrufs überzog. Wir werden sogleich sehen, ob der Zweck dadurch erreicht worden.

Die Bestimmung der specifischen Wärme durch die Erkaltungsmethode ist also einer Masse fremder Einflüsse ausgesetzt, deren Werth zu ermitteln beim gegenwärtigen Zustand unserer Kenntnisse schwer hält. Ihre Anwendung wird nur erlaubt seyn, wenn man wohl bewiesen haben wird, daß eine große Zahl von Substanzen, durch diese Methode rücksichtlich ihrer specifischen Wärme bestimmt, immer genau dieselben Verhältnisse zeigen, als durch eine andere, die nicht dieselben Ursachen zur Ungleichheit darbietet. Somit würde es bewiesen seyn, daß die von mir bezeichneten Fehlerquellen, wenn auch nicht keinen Einfluß haben, doch einen zu schwachen, um die Zahlen auf eine merkliche Weise zu ändern.

Ich hielt es demnach für ganz unumgänglich, die Erkaltungsmethode, vor ihrer Anwendung, einer Reihe experimenteller Prüfungen zu unterwerfen.

Der Apparat, den ich anfangs hiezu anwandte, war genau nach dem Muster des Dulong-Petit'schen construirt. Ich ließ kleine Silbergefäße von verschiedenen Dimensionen anfertigen, um, wenigstens annähernd, den Einfluß der Verschiedenheit des Leitvermögens zu ermitteln. Diese kleinen, äußerst dünnen Gefäße hatten sämmtlich eine Höhe von 26 Mm., dagegen einen Durchmesser von 10 bis 25 Mm. Der Behälter des kleinen in die Axe gestellten Thermometers hielt 15 Mm. in Länge und nur 2 Mm. im Durchmesser. Ungeachtet dieser kleinen Dimensionen war das Thermometer noch so empfindlich, daß 1 Centigrad eine Länge von über 1 Centimeter auf dem Stiel einnahm. Das Kaliber der Röhre war so fein, daß man mit bloßem Auge den Quecksilberfaden kaum wahrnahm. Man beobachtete ihn aus der Ferne mit einem horizontal gestellten Fernrohr von ziemlich bedeutender Vergrößerung. Mit einer sehr guten Luft-

pumpe, die die Luft wenigstens bis auf 1 Mm. auspumpte, wurde das Vacuum hergestellt.

Die Versuche wurden unter genauer Beachtung der von Dulong und Petit angezeigten Vorsichtsmafsregeln begonnen. Das Erste, wovon man sich nothwendig überzeugen mufste, war: ob die Zeit der Erkaltung des kleinen Gefäfses vollkommen constant bliebe bei allen Versuchen, wenn übrigens durchaus nichts an der Einrichtung des Apparats geändert würde. Diese Beständigkeit wird aber bei weitem nicht beobachtet; man mag dies aus der Abweichung zwischen folgenden Resultaten ersehen, die unter anscheinend identischen Umständen erhalten wurden.

Ein kleines Gefäfs von Eisenfeilicht erkaltete von  $10^{\circ}$  auf  $5^{\circ}$  in folgenden Zeiten:

Versuch.	Erkaltungszeit.	Manometerdruck.
No. 1	45' 34"	4 Millim.
- 2	43 40	4 -
- 3	44 31	4 -
- 4	42 48	3 -
- 5	42 45	3 -

Man sieht, die Erkaltungszeit schwankte sehr beträchtlich. Ich habe mehre Reihen ähnlicher Versuche angestellt, und immer Ungleichheiten derselben Ordnung gefunden. Lange Zeit konnte ich nicht errathen, was diese Unterschiede verursachte, bis mich eine Beobachtung auf die Spur brachte. Ich fand, dafs die Luftpumpe, die, wenn sie nur mit ihrem Recipienten gemeinschaftete, in sehr kurzer Zeit das Vacuum wenigstens bis auf ein Millimeter herstellte, nur sehr schwierig den Druck bis auf 3 Millim. herabbrachte, wenn sie verbunden war mit dem von Eis umgebenen Gefäfs, in welchem das Erkalten beobachtet wurde. Dies rührt daher, dafs der Kienruß, der die Hülle bekleidet, eine äußerst hygroskopische Substanz ist. Die Feuchtigkeit haftet an der

kalten Fläche, und entweicht, wenn man das Vacuum macht, nur sehr schwer und unvollständig. Da der Kienrufs ein sehr bedeutendes Absorptionsvermögen besitzt, so begreift man, daß dasselbe sich merklich ändern muß, wenn sich eine selbst äußerst dünne Schicht von Feuchtigkeit, die ein bedeutend geringeres Absorptionsvermögen besitzt, darauf legt.

Ich hoffte diese Fehlerquelle zu vermeiden, wenn ich in das Gefäß nur Luft, die einige Zeit über Kalk gestanden hatte, hineinliefs und dieselbe zu wiederholten Malen mit der Luftpumpe auszog. In der That erhielt ich auch dadurch weit übereinstimmendere Resultate; allein dennoch waren die Schwankungen zu groß, als daß ich bei dieser ersten Verbesserung hätte stehen bleiben können <sup>1)</sup>. Es ist mir nicht eher gelungen beinahe übereinstimmende Versuche zu erhalten, als bis ich die mit einem Maximum-Absorptionsvermögen begabte Kienrufsfläche durch eine Oberfläche von weit geringerem Absorptionsvermögen ersetzte, und die Hülle nicht mehr auf 0° hielt, sondern ungefähr einen Grad über die Temperatur der äußeren Luft.

Ich will jetzt nicht den Apparat beschreiben, bei dem ich stehen blieb. Das Wenige, was ich über die Erkaltungsmethode gesagt habe, wird zeigen, daß dieselbe, so wie sie bisher angewandt worden, große Unsicherheiten darbietet, und deshalb nicht gebraucht werden kann, um eine Reihe fundamentaler Thatsachen festzustellen, um ein so wichtiges Gesetz, wie das Dulong-Petit'sche über die specifische Wärme der einfachen

1) Es ist leicht sich zu überzeugen, daß die Anwesenheit von Feuchtigkeit einen großen Einfluß auf die Schwankungen der Erkaltungszeit ausübt. Dazu braucht man nur die Luft, ohne sie zu trocknen, mehrmals hinter einander in dem Gefäße zu erneuen, und darauf die Beobachtungen anzustellen. Die Erkaltungszeit kann vom Einfachen auf's Doppelte steigen, wovon ich mich durch Erfahrung überzeugt habe.

**Körper zu erweisen.** Aufser den allgemeinen, vorauszu-  
 sehenden Ursachen zu Fehlern giebt es andere, deren  
 Daseyn bei jedem einzelnen Versuche nachzuweisen un-  
 möglich ist. Uebrigens ist zu bedauern, dafs Dulong und  
 Petit uns so wenig Details über ihre Versuche mitge-  
 theilt haben; allein ich stehe nicht an, die Meinung aus-  
 zusprechen, dafs die Unterschiede, die man zwischen ei-  
 niger der Dulong-Petit'schen Resultate und den mei-  
 nigen wird bemerken können, von den Unsicherheiten  
 der nach der Erkaltungsmethode angestellten Beobach-  
 tungen herrühren.

Die Mengungsmethode enthält keine *Petitio princi-  
 pū*; sie ist direct, allein sie verlangt in ihrer Anwendung  
 eine Menge kleiner Vorsichtsmafsregeln, ohne welche sie  
 sehr irrig Resultate liefert. Sie hat das Unbequeme,  
 nicht so gut auf alle Substanzen anwendbar zu seyn.  
 Für Substanzen, die man in pafslicher Form erhalten  
 kann, die überdies gute Wärmeleiter sind, lassen sich  
 durch die Erkaltungsmethode äufserst genaue Resultate er-  
 halten; schwieriger wird der Versuch mit schlecht leiten-  
 den Körpern, und am schwierigsten mit solchen, die  
 nicht zusammenhängend, sondern nur pulverförmig zu er-  
 halten sind.

Ich will nun kurz das Verfahren bei meinen Ver-  
 suchen beschreiben. Die zu untersuchende Substanz  
 wurde, als mehr oder weniger grofse Stücke, in ein  
 Körbchen von sehr feinem Messingdraht gelegt, dessen  
 Gewicht immer nur einen sehr kleinen Bruch von dem  
 Gewicht jener Substanz ausmachte <sup>1)</sup>. Das Körbchen  
 trägt in seiner Axe einen kleinen Cylinder von Draht-  
 netz, in welchem, während die Substanz erhitzt wird,  
 der Behälter eines Thermometers steht. Um die Sub-

1) Diese Körbchen kann man ohne Mühe so leicht als man nur will  
 erhalten, wenn man sie aus irgend einem Drahtnetz verfertigen und  
 dann in Salpetersäure liegen läfst, so lange, bis sie nicht mehr als  
 das gewünschte Gewicht haben.



stanz auf die gehörige Temperatur zu bringen, hängt man das Körbchen an Seidenfäden in einer durch Wasserdampf geheizten Darre (*étuve*) auf, die man Taf. I Fig. 9 abgebildet findet.

Diese Darre besteht aus drei concentrischen Hüllen von Weissblech. In der Hülle der Mitte *A* hängt das Körbchen mit der zu erheizenden Substanz; der Behälter eines grossen Thermometers nimmt die mittliche Lücke des Körbchens ein. In dem ringförmigen Raum *B* läßt man beständig einen Strom Wasserdampf herumkreisen, der von dem Dampfkessel *V* geliefert wird. Beim Austritt aus dem Apparat geht der Dampf durch das gerade Rohr *T* in ein Schlangenrohr *S*, wo er sich verdichtet. Die dritte Hülle *C* verrichtet den Dienst einer Muff von Luft, um die Hülle *B* vor dem Erkalten durch die äussere Luft zu schützen.

Der innere Cylinder ist an der oberen Grundfläche verschlossen durch einen Stöpsel *b* von Weissblech und durch diesen geht der Stiel des Thermometers, das die von der Substanz erlangte Temperatur angeben soll. Die untere Grundfläche dieses Cylinders ist durch eine hohle Kappe (*registre*) von Weissblech *R*, von der Dicke der Hülle *C* verschlossen.

Der mehrwandige Ofen wird, in einer Höhe von vier Decimetern über dem Boden, von einem knieförmigen Gefässe *D* aus Weissblech getragen, in welchem man Wasser auf die äussere Temperatur erhält, und dieses so oft man will erneuern kann. Diese Einrichtung ist getroffen, damit das kleine Gefäss, in welchem das Gemenge gemacht werden soll, keine Wärme durch die Strahlung des oberen Ofens oder des Dampfkessels empfangen könne. Dieses hohle Gestell hat, unter dem inneren Cylinder *A*, ein cylindrisches Loch, welches während der Erhitzung der Substanz verschlossen gehalten wird, mittelst einer zweiten Kappe *R'*, die mit der früheren *R* eine gemeinschaftliche Handhabe *m* besitzt, so

dafs man beide in einem Zuge abziehen und dadurch die Grundfläche des Cylinders *A* öffnen kann.

Das Gefäfs *H*, in welchem das Mengen der Substanz mit dem Wasser geschieht, ist aus höchst dünnem Messingblech angefertigt; es wird gehalten von zwei gekreuzten Seidenfäden, die ihrerseits befestigt sind an einem kleinen Holzschlitten, der sich in einer Fuge bewegt. In dem Wasser des kleinen Kühlgefäßes steht ein Thermometer, etwa ein Centimeter von der Wand entfernt. Der aus sehr dünnem Glase bestehende Behälter dieses Thermometers nimmt die ganze Höhe des Wassers im Gefäße ein; er hat wenigstens drei Millimeter im Durchmesser, so dafs sich das Temperatur-Gleichgewicht mit dem äußeren Wasser in einigen Augenblicken herstellt. Diefs Thermometer ist so empfindlich, dafs ein Centigrad mehr als funfzehn Abtheilungen der willkührlichen Skale einnimmt. Man beobachtet mittelst eines Fernrohrs, das mit der optischen Axe horizontal liegt und sich längs eines getheilten senkrechten Maafsstabes bewegt, was erlaubt, die Theile der Skale mit Genauigkeit in zehn gleiche Theile zu theilen <sup>1</sup>).

Das Wasser, welches man für jeden Versuch in das Kühlgefäß bringt, wird in einer Flasche mit engem Halse abgemessen; es hat ein solches Volum, dafs es, nach Eintauchung der Substanz in das Kühlgefäß, dieses sehr nahe gänzlich füllt. Bei jeder Messung nimmt man die Temperatur des Wassers; dadurch kann man, mit Zuziehung einer Tafel, das Gewicht des bei jedem Versuch angewandten Wassers sehr genau erfahren. Man hat sich versichert, dafs wenn man die Flasche in das Gefäß entleerte und der Maafsflasche dieselbe Anzahl von Stößen gab, das Gewicht des Wassers, das sich fast auf 500 Grm. belief, bei mehreren hinter einander gemachten Messungen nicht mehr als um einige Centigramme schwankte.

1) Die zu diesen Versuchen angewandten Thermometer waren von mir selbst graduirt und ihr Kaliber auf's Sorgfältigste verificirt.

Dieses gesetzt, war nun das Verfahren wie folgt:

Der Korb, beladen mit der Substanz und in seiner centralen Lücke den Thermometerbehälter einschließend, wurde in der Mitte der Darre aufgehängt und diese mittelst Wasserdampf geheizt. Anfangs steigt die Temperatur rasch; allein es bedarf einer ungemein langen Zeit, um das Thermometer auf ein beinahe stationäres Maximum zu bringen. Dieses Maximum erreicht niemals die Temperatur des Dampfs; immer bleibt es 1 bis 2 Grad darunter. Nach Verlauf von etwa zwei Stunden steigt das Thermometer nicht mehr merklich. Man unterhält die Operation wenigstens eine Stunde lang, um recht sicher zu seyn, daß die Substanz in ihrer ganzen Masse die vom Thermometer angezeigte Temperatur angenommen habe. Letzteres darf während dieser ganzen Stunde nicht um die Hälfte einer seiner Abtheilungen, d. h. nicht um 0,1 Centigrad schwanken, sonst muß man die Operation noch verlängern. Die äußerst langsame Erwärmung, welche die Substanz in diesem Apparat erfährt, verbürgt die Genauigkeit des Verfahrens.

Man bringt nun das Wasser in das Gefäß, beobachtet seine Temperatur mittelst des Fernrohrs und zeichnet auch die Temperatur der äußeren Luft auf, die von einem neben dem Kühlgefäß aufgestellten sehr empfindlichen Thermometer angegeben wird.

Man schiebt den kleinen Schlitten unmittelbar unter den Raum *A*; die Darre und ihr Gestell haben Ausschnitte *e*, welche den Stiel des Thermometers durchlassen. Man zieht die Kappen ab und läßt das Körbchen in das Wasser fallen. Man hakt den Korb ab, schiebt den Schlitten wieder vor das Fernrohr, und beobachtet den Gang des Thermometers, während ein Gehülfe von weitem das Körbchen beständig im Wasser herumführt.

Das Maximum tritt in sehr kurzer Zeit ein; wenn die Substanz kein sehr schlechter Wärmeleiter ist, reichen ein oder zwei Minuten hin. Das Herablassen des

Körbchens aus der Darre in das Wasser des Kühlgefäßes geschieht in wenigstens einer halben Secunde; mithin kann auf dem Wege, der überdies zum großen Theil in einem erhitzten Raume liegt, kein merklicher Wärmeverlust stattfinden. Das Wasser des Kühlgefäßes war vorher gewöhnlich  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  C. unter der Temperatur der äußeren Luft, am Ende des Versuchs dagegen  $1^{\circ}$  bis  $2^{\circ}$  darüber. Um in Rechnung zu ziehen, welchen Verlust oder Gewinn an Wärme das Wasser des Kühlgefäßes während der Zeit des Versuches erfahren habe, theilte man diese Zeit in zwei Perioden. Die erste Periode, begriffen zwischen der Beobachtung der anfänglichen Temperatur und der Rückkehr des Gefäßes vor dem Fernrohr, wurde auf 30 Secunden geschätzt. Man setzte voraus, daß das Wasser während dieser Zeit seine ursprüngliche Temperatur behielt. Die zweite Periode begann mit der Rückkehr des Schlittens und ging bis zur Beobachtung des Maximums. Dieser Zeitraum wurde gefunden, indem man jene 30 Secunden abzog von der durch einen Zähler angegebenen gesammten Zeit, die zwischen den Beobachtungen der Temperatur zu Anfange und der zu Ende begriffen war. Man nahm an, daß während des ersten Viertels dieser zweiten Periode das Wasser die äußere Temperatur hatte, und deshalb weder Wärme verlor noch gewann, daß es ferner während der drei letzten Viertel dieser Zeit die Temperatur des Maximums besaß. Der kleine Bruchwerth vom Grad (er stieg nie über 3 bis 4 Hundertel), den man der beobachteten Temperaturdifferenz hinzufügen oder abziehen mußte, um die Erkaltung oder Erwärmung des Wassers im Gefäße durch die äußere Luft in Rechnung zu ziehen, wurde mittelst einer kleinen Interpolationsformel erhalten, die nach directen Versuchen über das Erkalten des Wassers, unter genau denselben Umständen wie bei den Hauptversuchen, entworfen war. Der Wärmegewinn des Wassers während der ersten Periode, wo

es sich unterhalb der äusseren Temperatur befand, wurde abgezogen von dem Wärmeverlust, den es in der zweiten Periode vermöge seines Temperatur-Ueberschusses erlitt. Der Unterschied gab die Berichtigung, die man der beobachteten Temperatur-Erhöhung hinzuzufügen hatte <sup>1</sup>).

Ich habe bisher vorausgesetzt, dass die auf ihre spezifische Wärme zu untersuchende Substanz in Stücken von einiger Grösse zu erhalten sey; sehr häufig ist dies aber nicht der Fall.

Ist sie flüssig, so thut man sie in Röhren von sehr dünnem Glase und etwa 15 Millim. Durchmesser, die man darauf an beiden Enden verschliesst. Diese Röhren müssen fast gänzlich gefüllt seyn, bis auf einen Raum, der zur Ausdehnung der Flüssigkeit erforderlich ist. Sie werden in das Körbchen gebracht, und man verfährt wie gewöhnlich. Das Temperatur-Maximum stellt sich im Kühlgefässe etwas später ein, doch immer nach Verlauf von drei Minuten. Das Glas dieser Röhren, dessen spezifische Wärme sorgfältig beobachtet worden, wird bei der Berechnung berücksichtigt.

Ist die Substanz pulverförmig, wie bei den meisten Metallen und Metalloxyden, so gelingt es oft ihr etwas Zusammenhalt zu geben, indem man sie mit Wasser anfeuchtet, Kügelchen daraus formt und abermals glüht; dann bleibt sie so zusammengesintert, dass man mit ihr wie gewöhnlich verfahren kann. In anderen Fällen giebt man ihr Zusammenhalt durch Hammerschläge, in einem ähnlichen Cylinder, wie man in Laboratorien zum Schmieden des Platins anwendet.

Wenn alle diese Mittel nicht anschlagen, ist man

1) Directe Versuche haben mir gezeigt, dass diese Art, den während des Versuches stattfindenden Verlust oder Gewinn an Wärme in Rechnung zu ziehen, für den von mir angewandten Apparat der zweckmässigste war, sobald die Zeit zwischen den Beobachtungen der Anfangs- und der End-Temperatur nicht 4 Minuten überstieg.

genöthigt, die pulverförmige Substanz in Gefäße einzuschliessen; ich habe dazu kleine Messingcylinder angewandt, so dünn wie möglich, von 15 Millim. Durchmesser und 60 Millim. Höhe. In diese Cylinder stampfte ich die pulverförmige Substanz, brachte sie darauf in den Messingkorb und verfuhr wie vorhin.

Dieses Mittel wurde nur im äussersten Fall angewandt, denn dadurch verliert das Verfahren viel von seiner Schärfe. Das Thermometer des Kühlgefässes erfordert nun wegen des schlechten Leitvermögens der Substanz 10 bis 15 Minuten, um auf das Maximum zu gelangen; das Maximum, welches sich bei den gewöhnlichen Versuchen nur einige Secunden erhält, bleibt nun mehrere Minuten stillstehend. Die Berechnung der specifischen Wärme wird verwickelter und dadurch ungewisser; gewisse Fehlerquellen, die bei dem gewöhnlichen Verfahren unmerklich waren, sind hier nicht mehr zu vernachlässigen. In der That ist die Substanz, wenn sie ein schlechter Wärmeleiter ist, wirklich noch nicht auf die Temperatur des umgebenden Wassers herabgekommen, wann das Thermometer das Maximum anzeigt. Das Maximum findet statt, wenn das Gefäss, durch seine Strahlung in die Luft, genau die nämliche Wärmemenge verliert, die das Wasser von dem eingetauchten Körper, in Folge des von diesem bewahrten Temperatur-Ueberschusses, empfängt. Dieser mittlere Temperatur-Ueberschuss, welchen der Körper im Moment der Beobachtung des Maximums besitzt, lässt sich näherungsweise berechnen.

Dazu darf man nur das Erkalten des Thermometers eine Zeit lang, z. B. 5 Minuten, verfolgen, und dieses Erkalten vergleichen mit dem, welches in derselben Zeit stattfinden würde, wenn die eingetauchte Substanz im Gleichgewicht wäre mit der Temperatur des umgebenden Wassers. Diese letztere Erkaltung berechnet sich leicht mittelst der zuvor erwähnten Interpolationsformel. Der

Unterschied zwischen der berechneten und der beobachteten Erkaltung ist offenbar gleich der Wärmemenge, welche der Körper, vermöge seines mittleren Temperatur-Ueberschusses dem Wasser in derselben Zeit mittheilt.

Es seyen  $\vartheta'$  der Bruchtheil vom Grad, um den das Thermometer bei besagtem Versuch um 5 Minuten fällt;  $\vartheta''$  die berechnete Erkaltung in derselben Zeit, wenn der Körper dem Wasser keine neue Wärmemenge mittheilte;  $A$  die Masse des Wassers; dann ist  $A(\vartheta'' - \vartheta')$  die Wärmemenge, welche die Substanz dem Wasser in 5 Minuten abgibt.

Bezeichnet nun  $\tau$  den mittleren Ueberschuß der Temperatur des Körpers über die des umgebenden Wassers nach Ablauf der Zeit  $t$ , gezählt vom Maximo, so hat man nach dem Newton'schen Gesetz:

$$d\tau = m\tau dt, \text{ woraus } \log \tau = mt + \text{const.}$$

Bezeichnet  $\tau_0$  den mittleren Temperatur-Ueberschuß zur Zeit des Maximums, d. h. für  $t=0$ , so muß man haben:

$$\log \tau_0 = \text{const.}$$

Daraus dann:

$$\log \frac{\tau}{\tau_0} = mt \quad \frac{\tau}{\tau_0} = \frac{1}{e^{mt}}.$$

Bezeichnet man ferner mit  $M$  das Gewicht der Substanz, und mit  $C$  ihre genäherte specifische Wärme, so wird die von ihr beim Herabsinken von  $\tau_0$  auf  $\tau$  verlorne Wärmemenge seyn:

$$(\tau_0 - \tau) Mc$$

oder, nach Substitution des Werthes von  $\tau$ :

$$\tau_0 \left(1 - \frac{1}{e^{mt}}\right) Mc.$$

Man muß also haben:

$$\tau_0 \left(1 - \frac{1}{e^{mt}}\right) Mc = A(\vartheta'' - \vartheta'),$$

woraus:

$\tau_0$

$$\tau_o = \frac{A(\vartheta'' - \vartheta')}{Mc\left(1 - \frac{1}{e^{mt}}\right)}.$$

In dieser Gleichung ist nichts unbekannt als der Werth von  $e^{mt}$ . Diese Gröſse läſt sich durch einen vorläufigen Versuch bestimmen. Zu dem Ende bringt man in den kleinen Cylinder eine pulverförmige Substanz von fast gleicher Natur mit derjenigen mit welcher man sich beschäftigt, deren specifische Wärme aber an der Substanz in Stücken genau ermittelt werden konnte. Man macht den gewöhnlichen Versuch zur Bestimmung der Wärmecapacität, und verfolgt darauf das Erkalten des Thermometers 5 Minuten lang von der Beobachtung des Maximums ab. Der Werth dieser Capacität, berechnet aus der Temperaturerhöhung des Wassers im Moment des Maximums, giebt durch Vergleich mit der wahren specifischen Wärme der Substanz das Mittel zur Berechnung des Temperatur-Ueberschusses  $\tau_o$ , welchen die in die Cylinder gebrachte Substanz über das umgebende Wasser im Moment der Beobachtung des Maximums be-  
hielt. Setzt man:

$$\tau'_o = \frac{A(\vartheta'' - \vartheta')}{Mc\left(1 - \frac{1}{e^{mt}}\right)}.$$

so hat man eine Relation, in der Alles bekannt ist bis auf  $e^{mt}$ , welches sich dadurch berechnen läſt, und bei allen analogen Versuchen dasselbe bleibt.

Kennt man den Temperatur-Ueberschuſs  $\tau_o$ , welchen der Körper zur Zeit des Maximums über das umgebende Wasser besitzt, so muſs man ihn der Endtemperatur des Wassers hinzufügen, um die Temperatur zu haben, auf welche der Körper im Moment der Beobachtung der Maximum-Temperatur des Wassers gelangt ist. Diese berichtigte Temperatur hat man dann in die Berechnung der specifischen Wärme einzuführen.



Die eben auseinandergesetzte Rechnung ist nicht streng; allein für unseren Zweck, die ziemlich kleinen Berichtigungen zu ermitteln, reicht sie hin. Ein beträchtlicher Fehler in dem Werth dieser Berichtigungen würde nur wenig Einfluss auf das gesammte Resultat ausüben.

Eine Berichtigung derselben Art müßte in dem Fall gemacht werden, wo man eine in Glasröhren eingeschlossene Flüssigkeit zum Versuche nähme; allein die Erfahrung zeigt, daß sie in diesem Fall sehr klein ist, und vernachlässigt werden kann.

Bei dem Versuch der Bestimmung der specifischen Wärme selbst erkennt man leicht, ob der eingetauchte Körper zur Zeit der Beobachtung des Maximums nahezu mit dem umgebenden Wasser im Temperatur-Gleichgewicht sey. Wenn die - der Fall ist, stellt sich nämlich das Maximum schnell ein und dauert nur einige Augenblicke. Hat dagegen der Körper einen Temperatur-Ueberschuß behalten, so tritt das Maximum erst nach weit längerer Zeit ein und bleibt mehrere Minuten lang stillstehend.

Alle Substanzen, die in derben Massen erhalten und zu erbsengroßen Stücken zerstoßen werden können, haben mir bei dem Versuch keine recht merklichen Unterschiede im Leitungsvermögen dargeboten, d. h. bei allen diesen Substanzen stellte sich das Maximum der Temperatur des Wassers in fast derselben Zeit ein, und verweilte nur einige Augenblicke. Nicht so ist es mit den Substanzen, die im Moment ihrer Gestarrung krystallisiren, wie das besonders mit dem Schwefel der Fall ist. Substanzen dieser Art werden sehr schlechte Wärmeleiter, weil sich zwischen den einzelnen Kryställchen eine Unzahl leerer Räume bildet, und die genaue Bestimmung ihrer Wärmecapacität bietet daher große Schwierigkeiten dar.

Ich habe auch die Mengungsmethode zur Bestimmung der specifischen Wärme von in Wasser löslichen

Substanzen angewandt, und dazu das Wasser des Kühlgefäßes ersetzt durch Terpenthinöl, dessen specifische Wärme zuvor durch Versuche bei  $5^{\circ}$  bis  $15^{\circ}$  C. bestimmt worden war. Ich habe auch eine Reihe Beobachtungen über das Erkalten dieses Oels in dem Gefäße gemacht, um dessen Verlust oder Gewinn an Wärme bei jedem Versuch in Rechnung ziehen zu können.

Die Anwendung des Terpenthinöls bietet übrigens keine besonderen Schwierigkeiten dar; wegen der Dünflüssigkeit desselben stellt sich, sobald man es nur fortwährend umschüttelt, das Temperatur-Gleichgewicht rasch her. Nur der Wärmeverlust durch Strahlung in die Luft ist bei dem Oele, wegen seiner geringeren Wärmecapacität, größer als beim Wasser.

Mit Erfolg bediente ich mich auch des Terpenthinöls zur Bestimmung der specifischen Wärme solcher Körper, die ich mir nur in kleinen Mengen verschaffen konnte. Da die specifische Wärme dieses Oels nur 0,43 von der des Wassers ist, so ist die von einer gleichen Menge Substanz erzeugte Temperatur-Erhöhung fast drittelhalb Mal stärker beim Oele als bei einem gleichen Gewichte Wasser.

Da das Terpenthinöl oft der Luft ausgesetzt ward, so stand zu fürchten, daß es eine merkbare Umwandlung und demzufolge eine Aenderung in seiner specifischen Wärme erleiden würde. Ich hatte die Sorgfalt, mich von Zeit zu Zeit zu versichern, daß es keine Umwandlung erlitten hatte, indem ich die specifische Wärme einer und derselben Menge Kupfer, die eigends dazu aufbewahrt worden, mit dem Oele bestimmte. Die nämliche Flasche Oel diente mir nur während drei Wochen, und während dieses Zeitraums gewährte ich keine merkliche Veränderung in seiner specifischen Wärme. Uebrigens traf ich die Vorsicht, es so wenig wie möglich der Luft auszusetzen.

Nachdem ich das von mir zur Bestimmung der spe-

cifischen Wärme der Körper nach der Mengungs-Methode befolgte Verfahren ausführlich beschrieben habe, will ich einige zur Berechnung der Versuche nöthigen Zahlen mittheilen.

Gewicht des Messinggefäßes 55,15 Grm.; Werth in Wasser: 5,18 Grm., nach der durch meine Versuche gegebenen specifischen Wärme des Messings: 0,0939.

Das Quecksilber im Thermometer wiegt 7,62 Grm.; Werth in Wasser 0,251  
 Gewicht des Glasbehälters 0,77) 1,27 Grm.; in  
 - - klein. Stielstück 0,50) Wasser 0,265

Wasserwerth des eingetauchten Theils vom Therm. 0,516

Um folglich die vom Gefäße und vom eingetauchten Theil des Thermometers aufgenommene Wärmemenge in Rechnung zu ziehen, muß man bei jedem Versuch zum Gewicht das in das Gefäß gebrachte Wasser hinzufügen: 5,70 Grm.

Der kleinen Messingkörbe habe ich mehrere angewandt; ihren Werth in Wasser giebt folgende Tafel:

Korb <i>A</i>	1 <sup>grm.</sup>	,284	Korb <i>E</i>	0 <sup>grm.</sup>	,848
- <i>B</i>	0	,913	- <i>F</i>	0	,705
- <i>C</i>	1	,722	- <i>G</i>	0	,595
- <i>D</i>	1	,555	- <i>H</i>	0	,258.

Bei Kenntniß der specifischen Wärme des Messings kann man aus dem Gewichte der Körbe die Wasserwerthe derselben berechnen. Man erhält aber dadurch etwas zu große Zahlen; denn da diese Körbe von sehr dünnen und isolirten Drähten gebildet sind, so bieten sie eine große Oberfläche dar, und erleiden während des Herablassens einen sehr beträchtlichen Wärmeverlust. Ich hielt es für genauer den Wasserwerth der Körbe durch directe Versuche zu bestimmen. Diese Versuche wurden mit dem Korb *B* gemacht. Zu dem Ende brachte ich in diesen Korb successiv 10 Grm., 20 Grm., 30 Grm. Blei und machte den Versuch zur Bestimmung der specifischen Wärme. Da die des Bleies

bekannt war, so liefs sich der Einflufs des Korbes leicht bestimmen. So fand ich, als Mittel aus mehreren übereinstimmenden Versuchen, 0,913 für den Wasserwerth des Korbes *B*. Die Rechnung gab 1,147.

Für die anderen Körbe habe ich mich begnügt, die berechneten Werthe nach diesem Verhältnifs zu verringern. Es ist gut zu bemerken, dafs der Korb immer nur ein sehr kleiner Bruchtheil der gesammten Materie war.

Die Formel für die Erkaltung des Wassers ist:

$$\Delta \vartheta = 0^{\circ},0001386 \cdot \vartheta,$$

worin  $\vartheta$  der Temperatur-Ueberschufs und  $\Delta \vartheta$  der Wärmeverlust während einer Secunde. Der gesammte Verlust war erhalten durch Multiplication von  $\Delta \vartheta$  mit der Zahl von Secunden, während welcher die Erkaltung stattfand.

Für das Terpenthinöl ist die Formel:

$$\Delta \vartheta = 0^{\circ},0002075 \cdot \vartheta.$$

Diese Formeln stimmen mit einer directen Reihe von Beobachtungen über das Erkalten des Wassers und des Terpenthinöls, wobei der kleine Korb fortwährend in der Flüssigkeit herumgeschwenkt wurde.

Ich schreite nun zum Detail meiner Versuche, und beginne, die specifische Wärme einiger Substanzen zu geben, deren Kenntnifs uns nöthig ist, da unsere Apparate aus ihnen bestehen. Ich meine Messing, Glas und Terpenthinöl.

Ich werde immer bezeichnen: durch *M* das Gewicht der Substanz, und daneben, in Parenthese, den Korb, in welchem die Substanz enthalten war, durch seinen Buchstaben; — durch *T* die vom Thermometer der Darre angegebene stationäre Temperatur; — durch *A* das bei jedem Versuche angewandte Gewicht Wasser (etwa 462,5 Grm.) worin jedoch die 5,70 Grm., der Wasserwerth des Gefäßes und Thermometers, nicht mitbegriffen sind; — durch *E* das Gewicht des Terpenthinöls,

wenn der Versuch mit diesem angestellt worden; — durch  $\vartheta$  die endliche Maximumtemperatur des Wassers, durch  $\vartheta'$  die Temperatur der äußeren Luft und durch  $\Delta\vartheta$  den erzeugten Temperatur-Anwuchs; — endlich durch  $t$  den Zeitraum von der Beobachtung der anfänglichen Temperatur bis zu der der Maximum-Temperatur.

### M e s s i n g.

Das zur Bestimmung der specifischen Wärme angewandte Messing erwies sich durch Analyse folgendermaßen zusammengesetzt: Kupfer 71, Zink 27,6, Blei 1,3, Zinn, Spur (Summe 99,9).

Zwei Versuche gaben folgende Zahlen:

Das Gewicht des Messingkorbes ist, aber nur in diesen beiden Versuchen, mit in den Werth von  $M$  begriffen.

	I.	II.
$M+D$	320,75 Grm.	320,75 Grm.
$T$	98°,27	97°,95
$A$	462,41 Grm.	462,41 Grm.
$\vartheta$	13°,80	14°,46
$\vartheta'$	11°,35	12°,42
$\Delta\vartheta$	5°,376	5°,343
$t$	1' 45"	1' 45"
Specifische Wärme	0,09404	0,09378
Mittel	0,09391	

### G l a s.

Das Glas, dessen specifische Wärme ich bestimmte, kam von denselben Röhren, in die ich die zu den Versuchen genommenen Flüssigkeiten einschloß. Ich habe damit nur einen einzigen Versuch gemacht, dessen Resultate folgende sind:

$M (B)$	77,37 Grm.
$T$	98°,73
$A$	462,32 Grm.
$\vartheta$	13°,66
$\vartheta'$	11°,32
$\Delta \vartheta$	2°,930
$t$	1' 45"

Specifische Wärme = 0,19768.

### Terpenthinöl.

Da das Terpenthinöl statt des Wassers zur Auffangung der von den erhitzten Substanzen abgegebenen Wärme angewandt wurde, so mußte man seine specifische Wärme zwischen den Temperaturgränzen, welche die Versuche erreichen sollten, genau kennen. Um diese Bedingung auf eine sichere Weise zu erfüllen, bestimmte ich die Wärmecapacität dieses Oels unter denselben Umständen, unter denen es gebraucht werden sollte. Zu dem Ende that ich die gewöhnliche Quantität Terpenthinöl in das Messinggefäß und beobachtete die Temperatursteigerung, erzeugt durch Eintauchung einer gewogenen und im Ofen erhitzten Menge von Kupfermetall, dessen specifische Wärme sehr sorgfältig mittelst Wasser bestimmt worden; dies reichte hin die Wärmecapacität des Oels zu berechnen.

Für die Wärmecapacität des Kupfers nahm ich die Zahl 0,09515, welche das Mittel aus meinen Versuchen ist <sup>1)</sup>).

	I.	II.	III.	IV.	V.
$M (F)$	170g,52	170g,52	100g,07	141g,85	141g,85
$T$	97°,67	97°,63	97°,54	98°,17	98°,11
$Es$	420g,56	420g,56	420g,56	419g,84	420g,13
$\vartheta$	15°,26	15°,59	12°,73	16°,27	15°,09
$\vartheta'$	9°,75	9°,89	10°,05	13°,27	11°,81
$\Delta \vartheta$	7°,407	7°,432	4°,727	6°,275	6°,350
$t$	2' 10"	2'	1' 45"	1' 30"	1' 45"
Spec. Wärme	0,42988	0,42667	0,42089	0,42745	0,42476
Mittel 0,42593.					

1) S. die Fortsetzung dieses Aufsatzes im nächsten Heft.

Versuch I, II, III wurden mit frischem Oel angestellt, zum Versuch IV diente eins, das 14 Tage lang gebraucht worden, und zu V dasselbe Oel nach dreiwöchentlichem Gebrauch.

### W a s s e r.

Ich wollte mein Verfahren auf eine entscheidende Probe stellen, indem ich die specifische Wärme des Wassers nahm. Wir setzen diese specifische Wärme zwischen  $0^{\circ}$  und  $20^{\circ}$ , d. h. zwischen den Temperaturgränzen, von welchen das Wasser bei unseren Versuchen immer eingeschlossen bleibt, gleich 1000. Blicke die Wärmecapacität des Wassers bis zu dessen Siedpunkt constant, so müßten wir für dieselbe bei directer Bestimmung durch den Versuch immer 1000 finden, falls unser Verfahren strenge ist. Dagegen wird der Versuch eine etwas größere Zahl als 1000 ergeben müssen, wenn die specifische Wärme des Wassers, wie die aller starren und flüssigen Körper, die man bisher untersucht hat, mit der Temperatur zunimmt.

Zwei Versuche haben mir nun gegeben:

	I.	II.
$M (B)$	32 <sup>s</sup> ,330	32 <sup>s</sup> ,330
Glas	20 <sup>s</sup> ,765	20 <sup>s</sup> ,765
$T$	97 <sup>o</sup> ,63	98 <sup>o</sup> ,11
$A$	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	14 <sup>o</sup> ,85	16 <sup>o</sup> ,42
$\vartheta'$	12 <sup>o</sup> ,41	14 <sup>o</sup> ,24
$\Delta \vartheta$	6 <sup>o</sup> ,583	6 <sup>o</sup> ,525
$t$	5' 30"	5'
Specifische Wärme	1,00709	1,00890.

Man sieht, diese Zahlen sind etwas stärker als 1000, was beweist, daß die Wärmecapacität des Wassers mit der Temperatur zunimmt. Beide Versuche zeigen zugleich auf eine ganz offenkundige Weise, daß das be-

folgte Verfahren nur äußerst geringe Fehler mit sich führen kann.

(Schluss im nächsten Heft.)

---

### III. *Untersuchungen über die strahlende Wärme;* *von Hrn. Melloni.*

(Ein Schreiben desselben an Hrn. Arago. *Compt. rend. T. X*  
*p. 826.*)

---

Ich fahre fort, mich mit der Diffusion zu beschäftigen, welche die strahlende Wärme an der Oberfläche matter diathermaner Körper erleidet. Es ist eine Gruppe sehr interessanter Thatsachen, wo mir scheint die erste Anzeige jenes geheimnißvollen Bandes durchzublicken, welches die Erscheinungen der Erwärmung, der Wärmecapacität und der Wärmeleitung mit der unmittelbaren Transmission, der Reflexion, kurz allen Phänomenen der Wärme im strahlenden Zustande, umschlingt. Um sogleich auf die Anwendungen zu kommen, erinnere ich an die Versuche, aus welchen wir, Hr. Biot und ich, die Folgerung gezogen, daß die verschiedenen Wärmestrahlen an *polirten* Oberflächen diathermaner Substanzen eine gleiche Reflexion erleiden. Nun beweisen die in meinem letzten Briefe angeführten Thatsachen, daß die Wärmediffusion dieser selben Mittel, in unpolirtem Zustande, sehr verschieden ist, je nachdem man diese oder jene Wärmeart anwendet, und daß diese Diffusionsunterschiede einigermaßen compensirt werden durch umgekehrte Unterschiede in der Transmission und Absorption. Darf man nicht daraus schließen, daß das Phänomen der Diffusion keineswegs, wie noch mehr Physiker glauben, von einer Reflexion herrührt, die an den verschieden geneigten spiegelnden Elementen einer matten Oberflä-



che nach allen Seiten hin geschieht; und ist nicht diese neue Betrachtung ein Grund mehr zu Gunsten der von Ihnen schon seit einiger Zeit angenommenen Meinung über die Ursache, welche die Gegenstände durch die Wirkung des Lichtes wahrnehmbar macht, einer Meinung, die Sie durch so sinnreiche Versuche über die Polarisation der von erleuchteten Körpern ausgesandten Strahlen unterstützt haben.

Schreiten wir zu einer anderen Aufgabe, die Ihre und der Academie Aufmerksamkeit mehrmals beschäftigt hat. Die zahlreichen Messungen, die ich bei meiner Arbeit über die Wärmepolarisation nehmen mußte, haben mich innig überzeugt, daß alle Wärmestrahlen, die ein System von Blättern unter gegebener Neigung durchdringen, in nahe gleichen Verhältnissen polarisirt werden. Als Hr. Forbes angab, jeder Wärmestrahle habe einen besonderen Polarisationsindex, so daß der Unterschied von einem Index zum andern auf das Mehrfache seines Werthes steigen könne, glaubte ich ganz natürlich, daß sich in die Einrichtung seiner Polarisations-Apparate ein Fehler eingeschlichen habe; auch wies ich ihm zwei störende Ursachen nach, welche die Gleichheit der Indices aufzuheben trachten, nämlich die Ungleichheit in der Schiefe der Strahlen gegen die Blätter und die Verschiedenheit in der Erwärmung der Säulen, die mehr oder weniger absorbirbaren Wärmearten ausgesetzt waren. Hr. Forbes wiederholte seine Versuche mit Vermeidung dieser Fehlerquellen, und gelangte dadurch zu Resultaten, etwas verschieden von den ersten; allein immer fand er in den von seinen Säulen unter gleichem Einfall polarisirten Wärmemengen große Abweichungen.

»Der einzige wichtige Punkt, sagt er, in welchem ich von Hrn. Melloni noch abweiche, betrifft die ungleiche Polarisirbarkeit der aus verschiedenen Quellen herstammenden Wärme. Er fand in dieser Hinsicht keine Verschiedenheit, ich dagegen, daß die Wärme aus ei-

ner Quelle von niedriger Temperatur weniger polarisirt wird als die von Licht begleitete: dieser Satz ist richtig, ich behaupte es <sup>1</sup>).«

Man sieht, die Frage ist deutlich hingestellt, nur bedaure ich, daß sie auf eine so schroffe Weise beantwortet ist. Hr. Forbes bleibt dabei nicht stehen. Nachdem er sich seiner Ansicht gemäß entscheidend ausgesprochen, will er *beweisen* <sup>2</sup>), daß die Ursache unserer Nichtübereinstimmung von einer ungleichen Dicke der angewandten Säulen herrühre. Meine waren nämlich gebildet aus dünnen, von Einem Stück Glimmer abgelösten Blättchen, die, ohne sich berühren zu können, mittelst Etwas an ihrem Rande befestigten Wachses sorgfältig über einander gelegt waren; seine dagegen waren aus einer einzigen schon sehr dünnen Platte Glimmer gefertigt, indem diese schnell in eine hohe Temperatur gebracht wurde, wo sie sich dann in eine unbestimmte Anzahl mehr oder weniger dicker, mehr oder weniger von einander abgelöster, mehr oder weniger glänzender oder polirter Blättchen zertheilte. Ich bekenne frei, daß die *Beweise* des Hrn. Forbes mir nicht ganz entscheidend schienen; denn ich konnte nicht mit ihm annehmen, daß die Wärme aus verschiedenen Quellen beim Durchgehen durch meine Polarisations-Apparate einen gleichförmigen Charakter annehme. In der That sind die Strahlen, die von meinen Säulen aus 15 bis 20 Plättchen austreten, *so weit von der Gleichförmigkeit entfernt*, daß einige eine dicke Glasplatte ohne Schwächung durchdringen, beim Durchgange durch polarisirende Platten gewisser Turmaline eine totale Absorption des ordentlichen Bündels erleiden, und von schwarzen Flächen zwei bis drei Mal stärker absorbiert werden als von weißen Flächen, — während andere Strahlen, von denselben Säulen durchgelassen, durch

1) *Compt. rend.* 1838, I, p. 705. Ann. Bd. XXXXV S. 64.

2) *Ibid.* p. 706.

ein halbes Millimeter Glas, Wasser oder Alaun vollständig aufgefangen werden und eine gleichmäßige Absorption erleiden, sowohl in Bezug auf die beiden Bündel, das ordentliche und außerordentliche, worin sie durch die doppeltbrechende Wirkung von Turmalinplatten zerfallen, als auch in ihrer Gesamtheit, vermöge der auffangenden Kraft, die sich an der Oberfläche schwarzer und weißer Körper entwickelt. Hr. Forbes behauptet, meine Säulen *seyen bis vielleicht zwanzig* Mal dicker als die seinigen; was mich betrifft, so kann ich das sehr veränderliche Dickenverhältniß unserer Polarisationsapparate nicht genau angeben; allein ich muß doch bemerken, daß ich oft Pakete von drei Blättchen angewandt habe, die eine *unangebbare* Dicke hatten, fast so dünn wie die farbigen Blättchen waren. Es scheint mir wenig wahrscheinlich, daß Hrn. Forbes Säulen aus complexen Blättchen dünner gewesen seyn sollten.

Anlangend die Versuche, aus denen die Unveränderlichkeit des Index hervorgeht, so könnten sie in meinen Augen genauer und entscheidender seyn. Nachdem ich von dem Wärmeeffect, den man erhält, wenn man eine Quelle von niederer Temperatur durch zwei Säulen mit parallel gestellten Refractionsebenen durchstrahlen läßt, das Maximum beobachtet habe, nehme ich eine Lampe oder glühendes Platin, und schalte ich in die Bahn der immer mit ihren Refractionsebenen parallel gestellten Säulen eine oder mehrere Glasplatten ein, um die ausfahrende Fluth eben so schwach zu machen als die der Quelle von niederer Temperatur, und zugleich von derjenigen Wärme, die immer der leuchtenden Strahlung irdischen Ursprungs in starken Verhältnissen beigemengt ist, den größten Theil aufzufangen. Hierauf gebe ich den Refractionsebenen die normale Richtung, und finde für die eine und die andere Quelle denselben Rückgang des thermoskopischen Zeigers, d. h. dieselbe Verringerung in der Wärmemenge, die von dem System der gekreuzten Säulen durchgelassen wird. Dieser Versuch ge-

lingt mit den zartesten Säulen, bei Anwendung jeder Art von Quellen und bei Einschaltung jeder diathermanen Substanz.

Die von Hrn. Forbes aus der Dicke der Säulen und der Gleichförmigkeit der ausfahrenden Fluth abgeleiteten Einwürfe ändern also keineswegs meine Ueberzeugung von der Gleichheit der Polarisation der Wärmestrahlen. Allein ich glaube, daß es keiner unmittelbaren Antwort darauf bedarf, weil meine Schlüsse und die ihnen zum Grunde liegenden Versuche in den *Comptes rendus* der Academie und den *Annales de chimie et de Physique* <sup>1)</sup> bekannt gemacht sind, und weil ich, obwohl vollkommen von dem Daseyn einer Fehlerquelle in dem Verfahren des Hrn. Forbes überzeugt, doch zur Zeit der Veröffentlichung seiner letzten Abhandlung, nichts Genaues in dieser Hinsicht anzugeben wufste. Ich müßte mich sehr irren oder die neu entdeckten Erscheinungen über die Wärmediffusion werden uns jetzt klärllich zeigen, woraus die von dem gelehrten Edinburger Professor beobachteten Abweichungen eigentlich hervorgehen.

Um seine Polarisationssäulen zu construiren, legt Hr. Forbes ein Glimmerblatt auf glühende Kohlen. Die unregelmäßigen Blättchen, welche sich durch Wirkung des Feuers erzeugen, sind dann nicht in allen ihren Theilen glatt und spiegelnd wie die mechanisch abgelösten Blättchen, sondern an einigen Punkten schiefrig, schuppig, gestreift, d. h. befinden sich an einigen Stellen unter den günstigsten Umständen zur Diffusion. Nun wissen wir, daß nicht alle Wärmearten diese Abänderung in gleicher Stärke erleiden, daß matte Flächen gewisse Wärmefluthen zerstreuen, während sie andere unter Aufrechthaltung der ursprünglichen Richtung der Elementarfäden durchlassen. Wir wissen ferner, daß die Erscheinung der Polarisation durch Refraction, die man am

1) S. Annal. Bd. XXXXIII S. 18 und 257.

Glase und analogen Substanzen beobachtet, vermöge der brechenden Kräfte, vereint mit den Kräften der regelmäßigen Reflexion, geschieht. Die Strahlen, welche die schiefen Stellen, wo keine spiegelnde Reflexion geschieht, durchdringen, können also nur wenig oder gar nicht polarisirt seyn; sie gehen also in gleichem Verhältniß durch Säulen mit parallelen oder winkelrechten Polarisationsebenen. Diese durchgelassene constante Wärmemenge wird der veränderlichen Menge, die von den, durch die polarisirenden Stellen der Oberfläche gegangenen Strahlen herrühren, hinzutreten und so einen *scheinbaren Polarisationsindex* geben, der geringer ist als im Fall, wo alle Wärme, welche auf die strahlenden Theile der Oberfläche fällt, zerstreut und für das in gewisser Entfernung stehende Thermoskop unmerklich wird, letzteres von den Säulen also nur die polarisirte Wärme empfängt, die von den polirten Portionen durchgelassen werden. Gerade die Quellen von niedriger Temperatur sind es, welche die ohne Diffusion durch unpolirte Oberflächen gehenden Strahlen in größtem Verhältniß liefern, und diess hat zur Folge, daß die Wärmefluthen aus diesen Quellen *weniger polarisirt* erscheinen als die von glühenden Körpern herkommenden.

Um meine Theorie auf die Probe zu stellen nahm ich zehn Glimmerblättchen von doppelter Größe als die, welche ich gewöhnlich zu meinen Polarisationsversuchen anwende. Ich durchschnitt sie in der Mitte, und hatte sonach zwei gleiche Reihen von zehn Elementen. Alle Blättchen der einen Reihe wurden auf beiden Seiten mit der Spitze eines Federmessers geritzt, darauf in zwei Pakete getheilt und so auf einander gelegt, daß sie ein Paar Säulen, jede von fünf Elementen, bildeten. Auf gleiche Weise wurden die zehn Blättchen mit glatter Oberfläche zu zwei Säulen von fünf Elementen vereint. Hierauf nun ließ ich folgeweise die Strahlung des auf 400° C. erhitzten Metalls, die directe Strahlung der Locatel-

lischen Lampe und die Strahlung derselben Lampe, nach Vorsetzung einer Glaslinse, durch meine beiden Systeme gehen, wobei ich jedesmal ihre Refractionsebenen, anfangs parallel, dann gegen einander senkrecht stellte, und fortwährend unter einer Neigung von  $33^\circ$  gegen die einfallenden Strahlen erhielt. Die folgende Tafel enthält das Resultat dieser Versuche, und zwar in den beiden ersten Spalten die Mittel aus zehn Beobachtungen, deren größte Abweichung nicht ein Drittelgrad betrug.

		Ab- lenk- ungswinkel senkrecht		Wärmemenge, verschwendet bei Rechtwinklichkeit dieser Ebenen <sup>1)</sup>
des Metalls von $400^\circ$	geritzt	$9^\circ,15$	$5^\circ,76$	37
dito	polirt	$9^\circ,20$	$4^\circ,59$	50
der Lampe	geritzt	$9^\circ,12$	$4^\circ,95$	46
dito	polirt	$9^\circ,10$	$4^\circ,55$	50
der Lampe, durch d. Glaslinse	geritzt	$9^\circ,06$	$4^\circ,62$	49
dito	polirt	$9^\circ,19^2)$	$4^\circ,58$	50

Die Säulen mithin, deren Oberflächen ihre spiegelnde Beschaffenheit zum Theil verloren hatten, gaben

- 1) Gegen 100 Strahlen, die im Fall des Parallelismus der Brechungsebenen durchgelassen wurden.
- 2) Um die fast absolute Gleichheit der in dieser Spalte enthaltenen Zahlen zu erlangen, wurde folgendermaßen verfahren. Nachdem man die mit geritzten Säulen und der wenigst intensiven (welche die letzte ist) ausfahrenden Fluth zu erhaltende Wirkung auf ihr Maximum gebracht, dadurch, daß man sie mittelst eines Collectors oder einer Steinsalzzlinse möglichst auf den thermoskopischen Körper concentrirt hatte, ersetzte man die geritzten Säulen durch polirte, und veränderte den Abstand des Collectors, bis man die nämliche Ablenkung erhielt. Diese Operation wurde wiederholt bei den geritzten Säulen selbst, wenn man mit der Wärmequelle wechselte, und dann wiederum diese Säulen gegen die polirten vertauschte.

wirklich bei den Wärmequellen von niederer Temperatur eine geringere *scheinbare Polarisation* als die Quellen von höherer Temperatur. Dagegen ist bei den Strahlen, welche, wie die durch Glas gegangenen der Lampe, eines hohen Grades von Diffusion fähig sind, der Polarisations-Index fast gleich bei den Säulen mit geritzter und mit glänzender Oberfläche. Diese beiden Thatfachen scheinen mir hinreichend, um die angeführte Theorie in den Rang der wohl durch Erfahrung festgesetzten Wahrheiten zu stellen.

Die an unpolirten Oberflächen stattfindenden Phänomene der Dispersion, der Transmission und Absorption, Phänomene, die je nach der Quantität der Wärmestrahlen mehr oder weniger deutlich hervortreten, erfordern also ganz nothwendig, daß die zur Messung des Polarisationsindex bestimmten Apparate aus glatten, glänzenden, von Ritzen und Furchen freien, kurz an ihrer ganzen Oberfläche regelmäfsig reflectirenden Blättchen construirt seyen. Alsdann sind die Messungen unabhängig von der Natur der Strahlen, wie man es in der That aus den drei in der Tafel angeführten Fällen ersieht.

Aus allem Vorstehenden geht hervor, daß die von Hrn. Forbes beobachteten Unterschiede nicht von einer Variation in dem Verhältniß der polarisirten Wärme abhängen, sondern von der *besonderen Structur seiner Säulen*, und daß die verschiedenen Arten von strahlender Wärme, gleich den verschiedenen Arten des farbigen Lichts, *gleich polarisierbar sind und mit fast gleicher Intensität polarisirt werden, sobald man sie der Wirkung gleicher Polarisations-Apparate aussetzt.*

---

**IV. Bemerkungen über eine neue thermographische Methode des Hrn. Herschel und deren Anwendung auf das Sonnenspectrum;  
von Hrn. Melloni.**

(*Compt. rend. T. XI p. 141.*)

In ihrer letzten Sitzung hat die Academie eine Abhandlung des Hrn. Herschel erhalten, aus den *Philosoph. Transact.* von diesem Jahr (1840, *pt. I*) entnommen, und betitelt: *on the chemical action of the rays of the solar spectrum; on preparation of silver and other substances both metallic and non metallic, and on some photographic processes.* Die Noten I und III am Ende der Abhandlung enthalten die Beschreibung eines Verfahrens, um mittelst einer Art thermographischer Zeichnung das Wärmespectrum sichtbar zu machen.

Hr. Herschel nimmt ein Blatt sehr dünnen Papiers, schwärzt es auf der einen Seite, indem er es mehrmals über eine russende Flamme hinwegführt, spannt es dann auf einen Rahmen, benetzt die weisse Seite mit rectificirtem Alkohol, und setzt sie nun der Wirkung des Sonnenspectrums aus. Die von den Sonnenstrahlen getroffenen Punkte der benetzten Fläche trocknen eher als die andern, und zeigen sonach vorübergehend die entsprechenden Temperaturen durch das Auftreten mehr oder weniger heller Flecken an.

Durch Anwendung dieses Verfahrens auf Spectra, erzeugt durch eine Combination von Prismen und Linsen, welche den auf das Papier fallenden Strahlen eine grosse Lebhaftigkeit gab, erhielt er Thatsachen, die mir eine neue Bestätigung meiner Theorie über die Diathermansie des Glases zu liefern scheinen. Ehe ich mich hierüber weiter ausspreche, will ich mir einige kritische



Bemerkungen über das von Hrn. Herschel angewandte Meßverfahren erlauben, hoffend, daß der berühmte Astronom sie mir verzeihen werde, da sie von der reinsten Liebe zur Wissenschaft eingegeben wurden.

1) Wie kann man annehmen, daß die verschiedenen Strahlen des Spectrums sämmtlich gleich absorbirt werden von der weißlichen Oberfläche des benetzten Papiers? Ist es nicht dagegen wahrscheinlich, daß die oberen Strahlen weniger als die unteren absorbirt werden? <sup>1)</sup> Ich sage mehr: es ist ungemein wahrscheinlich, daß dem wirklich so sey. In der That, untersucht man die Vertheilung der Wärme im Sonnenspectrum mittelst eines Thermometers mit geweißtem Behälter, so findet man das Maximum der Temperatur desto tiefer liegend, je heller die Farbe dieses Behälters ist. Ein geschwärztes Thermometer giebt für das Maximum die höchste Lage. Nun ist der Kienruß die einzige Substanz, welche alle Wärmestrahlen mit gleicher Intensität absorbirt. Man hat dies bisher nur vermuthet; allein ich habe es in einer vor Kurzem der Academie übergebenen Abhandlung zu beweisen gesucht. Das Herabsinken des Temperatur-Maximums, so wie man Thermometer von einer helleren Farbe anwendet, zeigt also, daß bei einer nicht mit Kienruß überzogenen Oberfläche die brechbareren Strahlen des Spectrums eine geringere Absorption erleiden als die weniger brechbaren. Die Erwärmungen der verschiedenen Stellen des zur Milchfarbe benetzten Papiers, und folglich die respectiven Mengen des verdampften Wassers und die Grade der Trockenheit, stellen also nicht die relativen Intensitäten der verschiedenen Elemente vor, die in die Zusammensetzung des Sonnenstrah-

1) Ich setze voraus, die Axe des Prismas sey horizontal, und die Oeffnung des brechenden Winkels gegen den Himmel gewandt, so daß die Elemente der prismatischen Radiation auf dem senkrecht gestellten Papier einen desto höheren Ort einnehmen, als sie brechbarer sind.

les eingehen, und sie können also nicht als genaues Mittel zur vergleichenden Abschätzung betrachtet werden.

2) Die Wärme, welche von den Punkten des der Wärmestrahlung ausgesetzten Papiers erlangt wird, muß sich durch Leitung nothwendig den umgebenden Punkten mittheilen, so daß die beschleunigte Trocknung auch an gewissen, von keinem Strahl getroffenen Stellen des Papiers geschieht. Daraus folgt: 1) daß die thermographischen Eindrücke immer größer seyn werden als die sie erzeugenden Strahlen; 2) daß ein Strahlenbündel, begriffen zwischen zwei Parallellinien, und begabt mit einer abnehmenden Intensität von der einen zur anderen, nicht einen Streifen von gleicher Breite auf dem empfindlichen Papier des Hrn. Herschel's geben wird, sondern einen Raum begränzt von zwei Linien, die gegen die von den schwächeren Strahlen getroffenen Seite convergiren; 3) daß der Eindruck, den ein Strahlenstreifen von gleicher Intensität hervorbringt, nach der Mitte hin eine stärkere Bauchung macht und sich mehr oder weniger der Kreisgestalt nähert, je nach der Stärke des Wärmebündels und dem Verhältnisse seiner beiden Hauptdimensionen. Wirklich müssen sich die der Mitte des Bündels entsprechenden Stellen des Papiers stärker erhitzen als die an den Enden, weil die letzteren in ausgedehnterer Berührung mit der kalten Umgebung stehen. Der Focus der Fortpflanzung wird also im ersten Fall intensiver seyn als im zweiten. Die geleitete Wärme wird eine mehr oder weniger große Entfernung erreichen, je nachdem sie von der Mitte oder den Enden ausgeht. Die Austrocknung wird denselben Gang befolgen, und der Streifen, wie gesagt, eine eiförmige oder kreisrunde Gestalt annehmen.

Hr. Herschel findet die Temperatur-Vertheilung im Sonnenspectrum analog der, welche von der Mehrzahl der mit diesem Gegenstande beschäftigt gewesenen Phy-

siker angegeben wird; nur fingen die ersten merkbaren Wärmespuren nicht am violetten Ende an, sondern zwischen dem Indigo und Blau. Dieß scheint anzuzeigen, daß die neue thermographische Methode des Hrn. Herschel den gewöhnlichen thermometrischen an Empfindlichkeit nachsteht; denn bei Anwendung eines aus mehreren Thermometern mit kleinen Behältern zusammengesetzten Apparats hat wohl Hr. Bérard ich glaube zuerst gesehen, daß die Wärmewirkung, obwohl Null jenseits der Gränze der größten Brechbarkeit, sich doch auf eine deutliche Weise mit dem Auftreten der ersten violetten Strahlen zeigt.

Was das Temperatur-Maximum betrifft, so versetzt es Hr. Herschel in den dunkeln Raum jenseits der rothen Strahlen, etwas weiter als die letzte sichtbare Gränze des Spectrums, wo unter denselben Umständen sein Vater es gefunden hatte. Sehr wahrscheinlich ist mir, daß dieser Unterschied aus der in unserer ersten Bemerkung nachgewiesenen Ursache entspringt.

Die den Aufsatz des Hrn. Verfassers begleitende Kupfertafel zeigt, daß die thermographische Zeichnung sich nicht als eine von zwei Parallellinien begränzte Zone darstellt; es ist eine lanzettartige Gestalt, deren größter Querdurchmesser mit der Linie der höchsten Temperatur zusammenfällt. Man begreift leicht, daß diese Abweichung der Gestalt des gebrochenen Wärmebündels von dem auf dem Papier erzeugten Eindruck nur eine unmittelbare Folge von dem in der zweiten Bemerkung entwickelten Satz der Seitenfortpflanzung ist.

Allein die merkwürdigste der von Hrn. Herschel gefundenen Thatsachen ist das Daseyn mehrer Unterbrechungen in den mindest gebrochenen Theil des Sonnen-Wärmespectrums. Diese Unterbrechungen bilden nicht sehr feine Querlinien, wie sie von Fraunhofer im Lichtspectrum entdeckt wurden, sondern sie haben eine weit größere Breite, und liegen alle in dem dunkeln

Raum, der dem rothen Ende vorangeht. Die Wirkung, welche sie in dem thermographischen Bilde hervorbringen, besteht in der Isolirung zweier oder dreier weißer, fast kreisrunder Stellen, von abnehmender Intensität abwärts vom zusammenhängenden Theil.

Bemerken wir zunächst, daß die abgerundete Figur der Flecke größtentheils von der geringen Breite des Spectrums herrührt, welche bei der von Hrn. Herschel getroffenen Anordnung beinahe so groß als der scheinbare Durchmesser der Sonne war. Die mehr oder weniger ausgedehnte Fortpflanzung der Wärme von den in der Mitte und am Ende liegenden Theilen der activen Zonen trägt hiezu vielleicht auch bei.

Die Unterbrechungen der Wärmewirkung haben in keiner Weise, ich wiederhole es, irgend eine Aehnlichkeit mit den dunkeln Linien Fraunhofer's; allein sehr ähneln sie denen, die man im Sonnenspectrum beim Anschauen durch farbige Gläser bemerkt. Nun hat Hr. Herschel nicht die Substanz, welche alle Arten strahlender Wärme unterschiedlos mit gleicher Stärke durchläßt, bei seinen Versuchen angewandt, sondern eine besondere Art sehr lichtzerstreuenden Flintglases, welches, obgleich sehr klar, doch, wie fast alle übrigen farblosen Mittel, diejenige Eigenschaft besitzt, welche wir *Dia-thermansie* oder *Wärmefärbung* nennen, weil sie auf den Durchgang der strahlenden Wärme dieselbe Wirkung ausübt, wie ein farbiges Mittel auf das Licht.

Was würde wohl geschehen, wenn man die Sonnenstrahlen, statt mit einem Prisma aus farbloser Substanz zu brechen, durch ein Prisma von sehr gefärbtem Glase gehen ließe? Offenbar würde man ein unvollständiges Spectrum erhalten, durchzogen von dunklen Streifen, ganz ähnlich denen, die man erblickt, wenn man das normale Spectrum durch eine dicke Platte desselben gefärbten Glases gehen läßt. Das aber ist genau der Fall mit dem Wärmespectrum des Hrn. Herschel und der damit auf

dem Papier gebildeten Zeichnung. Die erzeugenden Elemente kommen von einem, in Bezug auf Wärme, aus einer *farbigen* Substanz bestehenden Prisma und bieten denselben Anblick dar. Die von dem berühmten englischen Astronomen beobachteten Unterbrechungen geben also, wie schon oben gesagt, einen neuen Beweis von der Analogie, welche zwischen den Phänomenen der Diathermansie und denen der eigentlichen Färbung vorhanden ist.

Hr. Herschel stellt hierauf folgenden Satz auf. Aller Wahrscheinlichkeit nach entspringen die Flecke aus der ungleichen Absorption der von den Sonnenstrahlen durchdrungenen Mittel. Läßt man bei Seite, was außerhalb unserer Erdkugel geschieht, so sind nur zwei Annahmen zu machen. Entweder rührt die Wirkung von der Atmosphäre oder von dem brechenden Prisma her. Um den ersten Theil des Dilemma direct anzugreifen, müßte man die Versuche in verschiedenen Höhen über dem Meer und bei verschiedenen Declinationen der Sonne wiederholen, was mir scheint noch nicht ausgeführt worden zu seyn. Was den zweiten Theil betrifft, so genügte es, mit dem Prisma und den Linsen zu wechseln, und nachzusehen, ob in der Ordnung, Stellung oder relativen Intensität wichtige Veränderungen eingetreten. Wirklich hat der Verfasser, statt des Flintglases, Kronglas genommen, und dabei beobachtet, daß der obere Fleck fast vollständig mit dem zusammenhängenden Theil vereint ward, und die beiden andern sich bedeutend näherten und schwächten. Allein das Spectrum des Kronglasprismas war, im Vergleich mit dem vom Flintglas, so wenig ausgebreitet, daß Hr. Herschel geneigt schien, diese Wirkung einer von der schwachen Dispersion des Kronglases herrührenden Art von Obliteration zuzuschreiben, so daß es, nach ihm, immer ungewiß bleibt, ob es eigentlich das Prisma oder die Atmosphäre sey, welche das Phänomen der Flecke erzeugt.

Hr. H. hat nach seiner neuen Methode mehrer meiner Versuche über die Sonnenwärme wiederholt. Indem er in die Bahn der prismatischen Strahlen eine Platte grünen Glases einschaltete, beobachtete, daß der ganze zusammenhängende Theil der graphischen Zeichnung verlöscht war; allein er fand noch Anzeigen von vereinzeltten Flecken. Als er hingegen eine zwischen Parallelgläser eingeschlossene Wasserschicht dazwischen setzte, verschwanden die Flecke, und der ganze zusammenhängende Theil zeigte sich von gleicher Intensität. Ich bedauere, daß der berühmte Astronom nicht darauf verfiel, die Beobachtungen durch Einschaltung zweier vereinigten Substanzen zu vervollkommen; denn er würde eine der sonderbarsten Thatsachen der heutigen Lehre von der strahlenden Wärme gesehen haben, d. h. ein durchsichtiges und doch für die strahlende Wärme undurchdringliches Medium. Es ist genau die Umkehr der andern eben so merkwürdigen Thatsache von vollkommen undurchsichtigen und doch diathermanen Substanzen.

Der Versuch mit der ganz allein in die Bahn des Spectrums vom Flintglasprisma eingeschalteten Wasserschicht entscheidet nicht die Frage von der atmosphärischen Absorption, weil die Flecke nur vermöge des Verschwindens des ganzen unteren Theils der gebrochenen Strahlen erlöschen, und man hier sagen kann, noch mehr als bei dem Kronglase, daß eine Verkürzung des Spectrums, ein Eingriff, eine Auslöschung der dunkeln und hellen Abwechslungen stattfindet. Allein es giebt ein entscheidendes Mittel zu erfahren, ob die Flecke wirklich von einer atmosphärischen Absorption oder von der Diathermansie der als Refractoren angewandten Körper herrühren, und ich bedauere, daß Hr. Herschel nicht daran gedacht, es auszuüben. Es besteht ganz einfach darin, seinen Versuch mit einem Prisma von Steinsalz zu wiederholen, einer Substanz, die alle Arten strahlender Wärme in gleicher Stärke durchläßt. Wenn die

Flecke verschwinden, wie ich alle Ursache habe zu glauben, so würde man daraus schliessen müssen, daß das von Hrn. Herschel beobachtete Phänomen von der ungleichen Absorption des Flintglases herrührte. Sonst würde man es der Wirkung der Erdatmosphäre, oder vielmehr der Sonnenatmosphäre, oder endlich einem ursprünglichen Mangel gewisser Strahlen in der Wärmefluth der Sonne zuschreiben müssen.

---

V. *Untersuchungen über die Wärme. Vierte Reihe. Ueber die Wirkung der mechanischen Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme; von James D. Forbes.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. XV pt. I*<sup>1</sup>). Die dritte Reihe dieser Untersuchungen findet sich in dies. *Annal.* Bd. XXXXV S. 64 und 442.)

---

1) Am 2. Sept. 1839 theilte Hr. Arago der Pariser Academie der Wissenschaften ein Schreiben des Hrn. Melloni mit, das einige sehr interessante Versuche

- 1) Der Hauptinhalt des gegenwärtigen Aufsatzes wurde der K. Gesellschaft von Edinburg am 16. Dec. 1839 mit den Worten des dieser Note angehängten Memorandums mitgetheilt. Das Memorandum selbst wurde, unter mündlicher Erläuterung und Anführung von zusätzlichen Thatsachen, am 6. Jan. gelesen. Jeder im vorliegenden Aufsatz erwähnte Versuch wurde zwischen dem 12. Nov. 1839 und 4. März 1840 angestellt; seitdem habe ich keinen über diesen Gegenstand mehr gemacht. Beschäftigungen anderer Art verhinderten mich, bis jetzt (1. Mai) die Resultate dieser Versuche auszuarbeiten und die Gründe der früher angekündigten Schlüsse anzugeben. Der gegenwärtige Aufsatz, so wie er da ist, wurde dem Ausschuss am 15. Mai 1840 übergeben und unter dessen Autorität gedruckt. Folgendes ist das erwähnte Memorandum, abgedruckt aus den *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh.*

über den Durchgang der strahlenden Wärme enthält. Hr. Melloni findet, daß Steinsalz, welches bekanntlich Strahlen aus allen bis jetzt untersuchten Quellen mit gleicher Leichtigkeit durchläßt, durch Berufung die Eigen-

„*Ueber die Wirkung der mechanischen Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme; vom Prof. Forbes.* — Am 2. Sept. 1839 theilte Hr. Arago der Academie einen Brief des Hrn. Melloni mit, der einige sehr interessante Versuche über den Durchgang der strahlenden Wärme enthält. Hr. Melloni findet, daß Steinsalz (welches bekanntlich Strahlen aus jeder Quelle mit gleicher Leichtigkeit durchläßt) durch *Berufung* die Eigenschaft erlangt, Wärme von niedriger Temperatur, oder diejenige Wärme, welche von Glas, Alaun und (Hrn. Melloni zufolge) jeder andern Substanz am meisten aufgefangen wird, am leichtesten durchzulassen. Die Versuche in der dritten Reihe meiner Untersuchungen zeigen, daß dieß so viel heißt, als sagen, daß die Substanzen im Allgemeinen nur den brechbareren Strahlen den Durchgang verstatten; und da Hr. Melloni durch seine früheren Versuche zu demselben Schluß geführt worden, so läuft seine Angabe darauf hinaus, daß, während Steinsalz dem weißen Glase analog ist, indem es alle Strahlen gleichmäÙig durchläßt, jede andere bisher bekannte Substanz so auf die Wärmestrahlen wirkt, wie ein violettes oder blaues Glas auf Licht, indem es die wenigst brechbaren Strahlen absorbirt und nur die anderen durchläßt.

Hr. Melloni glaubt, die erste Ausnahme von dieser Regel oder das erste Analogon zum rothen Glase sey das berufte Steinsalz. Ich bitte jedoch erstlich sich der Thatsache zu erinnern, daß ich in einem im Mai 1838 veröffentlichten Aufsatz (*Researches ou Heat, Third Series.* — Annalen, Bd. XXXV S. 65) eine Substanz von ähnlichen Eigenschaften beschrieben habe, nämlich Glimmer, der durch Hitze außerordentlich dünn zerspalten worden, wie ich ihn zur Polarisation der Wärme anwende. Im März 1838 erwies ich durch wiederholte Versuche, daß der Durchgang durch Glas die Wärme keineswegs weniger leicht vom Glimmer in seinem besonderen Zustande absorbirbar macht, sondern eine entgegengesetzte Wirkung hat, auch, daß Wärme von niederer Temperatur, ohne alle Begleitung von Licht, fast eben so frei durchgelassen wird als die einer Lampe nach dem Durchgang durch Glas.

Aus Versuchen, die ich seitdem mit Glimmer in demselben Zustand gemacht habe, erhellt sogar, daß gewisse Exemplare *kaum halb so viel* von der zuvor durch Glas gegangenen leuchtenden Wärme durchlassen als von der aus einem nicht sichtbar glühenden Körper.



schaft erlangt, Wärme von niederer Temperatur oder diejenige Wärme, die von Glas, Alaun und, nach Hrn. Melloni, von jeder andern Substanz am meisten aufgefangen wird, am leichtesten durchzulassen.

Der durch Wirkung des Feuers nicht aufgeblätterte Glimmer selbst besitzt, wie ich durch Tafeln in dem erwähnten Aufsatz (Art. 23, 24) gezeigt habe, genau die umgekehrten Eigenschaften. Mithin entspringt die Wirkung aus einem eigenthümlichen mechanischen Zustand des Körpers, und nicht aus seiner Elementar-Zusammensetzung.

Bei Lesung von Hrn. Melloni's Mittheilung fiel mir also sogleich bei, daß die Wirkung der Berührung des Steinsalzes lediglich von einer mechanischen Aenderung der Oberfläche herrühren möchte.

Rauhmachen der Oberfläche war der nächstliegende Versuch, und ich fand, wie vorausgesehen, daß Steinsalz, welches durch Sandpapier in zwei rechtwinklichen Richtungen geritzt worden, Wärme von niederer Temperatur sehr viel leichter durchläßt als leuchtende Wärme. Eine Steinsalzplatte z. B., die von der durch Glas gegangenen Wärme einer Lampe 0,92 und eben so viel von ganz lichtfreier Wärme durchließ, gestattete, wenn rauh gemacht, nur 0,17 von ersterer und 0,45 von letzterer den Durchgang.

Eine dünne Glimmerplatte, bloß bis zur Mattheit mit Smirgelpapier geritzt, ließ von Wärme aus verschiedenen Quellen viel mehr nahe denselben Procentgehalt durch, als wenn sie *glänzend* war, zum Beweise, daß der Verlust der Politur weit mehr auf den Durchgang der brechbareren Strahlen einwirkt als auf den der anderen.

Dennoch kann dieser Effect nicht einer Aenderung in dem Verhältniß der Reflexion der Wärme aus verschiedenen Quellen an den Oberflächen der Platte zugeschrieben werden. Denn *erstlich* habe ich bewiesen und der K. Gesellschaft mitgetheilt (*Proceedings for April 1839*), daß Wärme jeder Art an einer polirten Fläche mit fast, wenn nicht genau, derselben Intensität reflectirt wird, und *zweitens* habe ich durch directe Versuche gefunden, daß, wenigstens bei höheren Einfallswinkeln, Wärme von niederer Temperatur, d. h. dieselbe, welche am leichtesten durchgeht, am reichlichsten an rauhen Oberflächen reflectirt wird, zum unzweifelhaften Beweise, daß die *dämpfende Wirkung (stifling action)* rauher Oberflächen die wahre Ursache der Ungleichheit ist.

Daß beim Durchgang durch eine rauhe Oberfläche, so wie durch aufgeblätterten Glimmer und durch eine Rufsschicht, eine wirkliche Umänderung der Wärme stattfindet, erhellt aus directen Versuchen, die ich über die durch verschiedene Medien gesiebte Wärme angestellt habe. Wärme, die durch eins derselben gegangen, zeigte sich

2) In der dritten Reihe dieser Untersuchungen (§. 3) habe ich mich bemüht, direct und numerisch zu erweisen, daß die Wärmestrahlen, die durch Alaun, Glas und in der That durch jede von mir versuchte Substanz ge-

durchgänglicher für jedes der andern. Und diese Umänderung war merkbarer, so wie die Wärme in ihrem Charakter sich mehr von derjenigen entfernte, welche diese Media am leichtesten durchdringt, d. h. so wie die Temperatur der Quelle höher war. So gingen von Lampenwärme 36 Procent durch eine gewisse berufste Steinsalzplatte. Wenn aber die durch berufstes Steinsalz gehende Wärme zuvor durch den Durchgang durch eine andere Platte berufsten Steinsalzes, durch aufgeblättern Glimmer oder rauh gemachtes Steinsalz gesiebt oder analysirt worden war, stieg der Procentgehalt in den beiden ersten Fällen von 36 auf 44 und in dem letzteren auf 40,5, zum unzweifelhaften Beweise der specifischen Wirkung dieser Durchgänge auf die Zurückhaltung der brechbareren Strahlen.

Da eine mäßige Zahl von Rissen diese Umänderung zu bewirken schien, so vermuthete ich nun, daß man dieselbe Wirkung mit dem bloßen Durchgang der Wärme durch ein feines Drahtgewebe erhalten würde. Ich konnte solches nicht feiner als 60 Drähte auf den Zoll erhalten, und dabei zeigten mir die Durchgangsverhältnisse dieser oder jener Wärmeart keine Unterschiede. Das Verhältniß des durchgelassenen Effects zum unmittelbaren war immer fast genau das des Flächeninhalts der Zwischenräume des Gewebes zur gesammten Fläche.

Selbst bei Anwendung feiner Gitter von Baumwollenfäden (zu Fraunhofer's Interferenz-Fransen gebraucht) wurde kein Unterschied bemerkt; doch mochten hier die Fäden, wegen eines muthmaßlichen Grades von Durchgänglichkeit, den Effect verstecken.

Feine Pulver, zwischen Steinsalzplatten gestreut, so daß sehr kleine Zwischenräume blieben, ließen den leichteren Durchgang der Wärme von niederer Temperatur wieder hervortreten.

Als ich die polirte Oberfläche von Steinsalz durch zarte, mit einer Diamantspitze gezogene Linien erstlich in Quadrate von 0,01 Zoll Seite, dann in Parallelstreifen von 0,005 Zoll Abstand, und endlich in Quadrate von den letzteren Dimensionen theilte, war der Effect dem wie bei zufälligen Rissen ähnlich, und trat um so stärker hervor, jemehr die Oberfläche gefurcht war.

Endlich habe ich beobachtet, daß das bloße natürliche Anlaufen des Salzes, durch Liegenlassen an der Luft, eine ähnliche Wirkung hervorruft.

Diese Thatfachen deuten offenbar auf Erscheinungen bei der Wärme, die der Diffraction und den periodischen Farben beim Lichte

leitet worden, eine *mittlere Brechbarkeit* besitzen, größer als die der Strahlen vor einem solchen Durchgang; und da Hr. Melloni durch seine früheren Versuche auf allgemeinem Wege zu einem ähnlichen Schlusse geführt worden, so folgerte derselbe, und mit Recht, daß die diathermansten Körper die wenigst brechbaren Strahlen in Ueberschuß absorbiren, und daher für Wärme dasselbe seyen, was grüne, blaue oder violette Media für Licht sind. Steinsalz allein, so weit wir wissen, besitzt die Eigenschaft einer *unterschiedlosen Diathermansie*, und ist das einzige Analogon zu weißem klaren Glase.

3) Die Verallgemeinerung dieses Satzes ist eine Sache von vieler Wichtigkeit, besonders da sie unsere Kenntnisse eine Stufe mehr der Wahrheit nähert, indem sie uns lehrt, gewisse Eigenschaften der Wärme, die zuvor nur mit gewissen dunkeln Charakteren der Natur der Wärmequelle verknüpft wurden, auf die *Brechbarkeit* zurückzuführen. Unter Anderem finden wir, was zwar längst vermuthet, aber zuerst von Hrn. Melloni entscheidend bewiesen ward, daß die An- oder Abwesenheit des Lichtes grossentheils unwesentlich ist, ohne Zweifel ein *begleitender*, aber nicht *unumgänglicher* Umstand. Andererseits sind schon in einer früheren Entwicklungszeit der Wärmelehre gewisse Beziehungen zwischen der *Farbe* einer Oberfläche und der absorbirten Wärmemenge festgestellt, und John Leslie zeigte zuerst deutlich, daß diese Beziehung bei irgend zwei verglichenen Flächen (z. B. einer schwarzen und einer weißen, von gleicher Textur) von der Helligkeit der Wärmequelle abhänge, und, sie dieser für proportional haltend, gründete er darauf sein Photometer <sup>1)</sup>. Prof. Po-

ähnlich sind. Ich zweifle nicht, daß der bloße Durchgang durch feine Drahtgitter ähnliche Wirkung ausüben werde, wie der durch Steinsalz mit gefurchter Oberfläche. — 1839, Dec. 16.

1) *Essay on Heat* 1804.

well in Oxford ersann und machte einen sinnreichen Versuch, der beweist, daß die Dazwischensetzung eines Glasschirms, obwohl dadurch nur wenig Licht aufgefangen wird, den Einfluß der Farbe auf die durchgelassene Wärme sehr wesentlich abändert, was denn das photometrische Princip von Leslie, bis auf eine sehr beschränkte Klasse von Fällen, auf einmal vernichtet <sup>1</sup>). Hr. Melloni hat die Versuche des Prof. Powell völlig bestätigt <sup>2</sup>), so daß man durch diese den Schluss als festgestellt betrachten kann, daß die *Schwärze* oder *Weisse* einer Oberfläche auf das Wärme-Absorptionsvermögen derselben, *nicht*, wie früher geglaubt ward, in Verhältniß des Leuchtens dieser Wärme, sondern im Verhältniß der Brechbarkeit derselben einwirkt.

4) Es ist daher zugleich passend und richtig, bei unseren Versuchen die Brechbarkeit als die Ursache der meisten, sowohl *qualitativen* als *quantitativen* Abänderungen der Wärme zu betrachten, statt sie in vager Weise auf die Temperatur der Quelle dieser Wärme zu beziehen. Die Temperatur der Quelle und die Brechbarkeit der daraus entspringenden Wärme steigen zugleich nach folgender Skale: 1) Wärme aus Eis, 2) die der Hand, 3) die von siedendem Wasser, 4) die von einem Gefäße mit nahe siedendem Quecksilber, 5) die von einer beruften, von hinten durch eine Lampe erhitzten, aber selbst im Dunkeln ganz unsichtbaren Metallplatte, 6) die von glühendem Platin (ein Drahtknäuel über einer Weingeistlampe), und 7) die einer Oellampe (Locatelli's). Das ist die

1) *Phil. Trans.* 1825, p. 187.

2) *Ann. de chim. et de physique*, 1834, T. LV p. 337 (Ann. Bd. XXXV S. 385 u. 530) — Hr. Melloni findet z. B. daß die Strahlen einer Oellampe, auf schwarze und weiße Flächen fallend, dieselben im Verhältniß 1000 : 805 erwärmen, daß dies Verhältniß ungestört bleibt, wenn sie durch eine Steinsalzplatte geleitet wurden, daß aber bei Anwendung einer Alaunplatte, obgleich diese für Licht eben so durchsichtig als Steinsalz ist, das Verhältniß zu 1000 : 429 wird.

Wärmescale, deren in Hrn. Melloni's und meinen Versuchen oft gedacht wird. Ueber diese Gränze hinaus ist unser Begriff von Temperatur der Quelle nicht mehr so klar, und die Farbe und Helligkeit des die Wärme begleitenden Lichts ändert sich nicht mehr unterscheidbar; allein dennoch kann die Skale bis in's Unbestimmte hinauf verlängert werden, entweder durch Einschaltung verschiedenartiger Schirme, von welchen jeder (wie ich in der dritten Reihe dieser Untersuchungen gethan) sich *direct* überzeugen kann, daß sie die Brechbarkeit erhöhen, oder durch Anwendung von Prof. Powell's oder einem ähnlichen Prüfmittel, welches, nach unseren Erfahrungen zu schliessen, mit der Brechbarkeit gleichen Schritt geht. Eine solche Verlängerung der Wärmescale wäre folgende:

- |     |                                      |                         |
|-----|--------------------------------------|-------------------------|
| 8)  | Wärme der Oellampe durchgelassen von | gemeinem Glimmer        |
| 9)  | - - -                                | - Glas (Argand's Lampe) |
| 10) | - - -                                | - Citronensäure         |
| 11) | - - -                                | - Alaun                 |
| 12) | - - -                                | - Eis.                  |

Die Auffassung der Brechbarkeitsscale als das wichtige Prüfmittel für die Eigenschaften der Wärme kann nicht klar genug seyn. Wärme aus *jeglicher* Quelle, wird, nach dem Durchgang durch Glas, Alaun oder Wasser, zuletzt den Charakter von Glas-Wärme, Alaun-Wärme, oder Wasser-Wärme besitzen, eben so wie Sonnen- oder Kerzenlicht roth, blau oder grün wird, wenn es Gläser von dieser Farbe durchdringt.

5) Nun seit Hr. Melloni gezeigt (und dieser Versuch ist, glaube ich, ihm eigen), daß Substanzen, welche jeden noch so starken Lichtstrahl auffangen (als schwarzes Glas und gewisse Arten dunkeln Glimmers), doch eine merkliche Wärmemenge durchlassen, war es nicht unnatürlich zu versuchen, ob nicht die so von einer *leuchtenden* Quelle erhaltene *unsichtbare* Wärme die Eigenschaften der Wärme aus dunkler Quelle besitzen möchte, oder, anders gesagt, ob nicht Körper, wie schwar-

zes Glas und schwarzer Glimmer, statt, wie Glas, Alaun u. s. w., die wenigst brechbaren Strahlen aufzufangen, diese entweichen lassen und die brechbarsten Strahlen absorbiren, also auf Wärme so wirken, wie auf Licht ein Körper, der die gelben, blauen und violetten Strahlen auffängt, d. h. wie es rothes Glas thut.

6) Diese Erwartung wird durch Erfahrung theilweise erfüllt, theilweise nicht. Die sorgfältige und vollständige Reihe von Versuchen, die Melloni über die Eigenschaften der so erhaltenen dunklen Wärme angestellt hat <sup>1)</sup>, zeigt, daß obwohl sie der Wärme aus niedriger Temperatur ähnlich ist, in sofern sie von Alaun oder Citronsäure sehr leicht durchgelassen wird, doch die letztere Wärme (z. B. die von siedendem Wasser) sehr wenig durch schwarzes Glas oder schwarzen Glimmer durchgänglich ist, was nicht der Fall seyn dürfte, wenn diese Körper gleich einem Siebe wirkten, welches die brechbareren Strahlen auffinge und die anderen entweichen ließe.

7) Die directe Probe, die Untersuchung der Brechbarkeit der von dunkeln Schirmen austretenden Strahlen, blieb indess noch zu machen, und diese Lücke ausfüllend zeigte ich, daß schwarzes Glas und schwarzer Glimmer *in Steigerung der mittleren Brechbarkeit der durchgelassenen Wärme* wie klares Glas und klarer Glimmer wirken. Hieraus schloß ich, daß die Wirkung solcher Media auf Wärme darin bestehe, daß sie die Strahlen von größter und kleinster Brechbarkeit absorbiren, kurz, so wirken wie homogen gelbes Glas auf Licht wirkt, jedoch die *mittlere* Brechbarkeit im Ganzen durch den Durchgang erhöhend. Ich sprach auch aus, daß Wärme aus leuchtenden Quellen wahrscheinlich von weit zusammengesetzterer Natur sey als dunkle Wärme; daß die Dunkelheit einer Wärme kein Zeichen ihrer Brechbarkeit

1) *Ann. de chim. et de phys.* 1834, *Avril* (Annalen, Bd. XXXV S. 385 und 530.)

sey, und dafs selbst die brechbarsten Strahlen Wärme enthalten könnten, die von dem begleitenden Licht trennbar wäre <sup>1</sup> ).

8) In allem diesen scheint also nichts der Wirkung des rothen Glases auf das Licht genau aequivalent zu seyn, — keine Substanz, welche Wärme von geringer Brechbarkeit und Temperatur am leichtesten durchläfst, und diese von der zusammengesetzten Strahlung aus leuchtenden Quellen absondert. Vermuthlich durch solche Schlüsse geleitet kam Hr. Melloni auf die glückliche Idee, eine opake Substanz, wie Ruß, mit einem Körper zu combiniren, der für sich keine specifische Veränderung auf die einfallende Wärme ausübt. Er berufte demnach *Steinsalz*, und fand, dafs es ein vollkommenes Analogon zum rothen Glase darbietet, indem es Wärme von niederer Temperatur und Brechbarkeit am leichtesten durchläfst.

9) Während ich das Sinnreiche und Wichtige des Versuchs von Hrn. Melloni vollständig würdige, muß es mir erlaubt seyn zu bemerken, dafs ich ihm in der Entdeckung einer Substanz von ähnlichen Eigenschaften 18 Monate voranging, wiewohl ich gern einräume, dafs ich, die Beobachtung zufällig machend, den Folgerungen aus derselben, die ich für wichtig halte, nicht eßer nachging, als bis Hr. Melloni die Aufmerksamkeit auf den Versuch mit berufenen Flächen hingelenkt hatte. Am 27. Febr., 19. und 20. März 1838 (wie aus meinem Tagebuche hervorgeht) fand ich, dafs Glimmer, durch Erhitzung in dünne Blättchen zerspaltend, wie ich ihn zu Polarisationsversuchen anwende, die Eigenschaft besitzt, verschiedene der weniger brechbaren Wärmearten in großer Menge durchzulassen, besonders Wärme aus einer vollkommen dunklen Quelle fast genau in demselben Verhältniß, wie die stark brechbare Wärme einer Lampe durch

1) *Rechearches on Heat. Third Series, Art. 73, 81 etc.*

nach dem Durchgang durch Glas. Ich stehe nicht an zu sagen, daß vor Hrn. Melloni's Versuch mit berufstem Steinsalz keine sonst bekannte Substanz eine Annäherung zu den folgenden Resultaten gab, die aus der dritten Reihe meiner Untersuchungen, Art. 24, genommen sind.

Tafel über das Verhältniß der von den polarisirenden Glimmerblättchen *I* und *K* durchgelassenen Wärme aus verschiedenen Quellen, im Vergleich mit den Durchgängen durch Glimmer im gewöhnlichen Zustand und durch schwarzes Glas.

Wärmequelle.	Durch Erhitzung aufgeblätterter Glimmer <i>I</i> u. <i>K</i> .	Glimmer, 0",015 dick.	Schwarzes Glas <sup>1</sup> ).
Locatelli's Lampe mit Glas	100	100	100
- - - ohne Glas	116	79	70
Glühendes Platin . . . .	108	70	
Messing bei 700° F. . .	96	21	
Wärme von 212° F. . .	62	11	

10) Dieß auffallende Resultat der mechanischen Beschaffenheit des Glimmers verfehlte nicht mich damals sehr zu überraschen, und erst nach sorgfältiger Wiederholung ward es veröffentlicht. Es lieferte eine siegreiche Antwort auf einen Einwurf gegen meine Versuche, den ich damals bekämpfte, daß die von den polarisirenden Platten absorbirte Wärmemenge die Resultate abgeändert und gar umgekehrt habe; nachdem ich mich hiervon überzeugt hatte, verfolgte ich den Gegenstand nicht weiter. Im Moment jedoch, als ich Hrn. Melloni's Mittheilung über berufstem Steinsalz las, fühlte ich, welch helles Licht die vollkommene Analogie des aufgeblätterten Glimmers auf die Erscheinung werfen würde. Offenbar waren die Resultate ähnlich in der Art; und dieß liefs vermuthen, daß sie auch dem Grade nach ähnlich gemacht werden könn-

1) Ein Gegenversuch wurde zur selben Zeit, am 20. März 1838, angestellt.



ten. Statt also die Glimmersäulen unter den großen und unvortheilhaften Schiefen einzuschalten, die ich bis dahin anwandte (da ich nur ihre polarisirende Wirkung zu untersuchen beabsichtigte), nahm ich eine solche (die in früheren Theilen dieser Abhandlungen oft mit *H* bezeichnete) und stellte sie *senkrecht* gegen die einfallenden Wärmestrahlen. So erhielt ich folgende Resultate:

Senkrechter Durchgang durch die aufgeblätterte Glimmer-  
tafel *H*.

Wärmequelle.	Von 100 einfallenden Strahlen.	Relative Mengen.
Locatelli's Lampe mit Glas	9,2	100
- - ohne Glas	13,7	150
Dunkel heißes Messing . .	17,3	188
Heißes Wasser . . . . .	16,3 <sup>1)</sup>	178

11) Hieraus geht sehr klar hervor, daß der Glimmer in dem besonderen Zustand, entgegen seiner natürlichen Beschaffenheit (9), der einfallenden Wärme dieselbe Eigenthümlichkeit einprägt, wie der Rufs in dünner Schicht. Er ist wirklich für die Wärme, was rothes Glas für Licht ist, er läßt die Strahlen von geringster Brechbarkeit am freiesten hindurch.

12) Da mir sogleich einleuchtete, daß die Veränderung im Charakter des Glimmers von der Aufblättrung desselben in eine fast unendliche Anzahl kleiner Flächen herrührte, und da ich den Charakter der Röthe (so zu sagen) den nothwendig gehäuften und unregelmäßigen Reflexionen und Interferenzen zuschrieb, so hielt ich es für sehr wahrscheinlich, daß die Wirkung des Rufses von der Uebereinanderlage einer außerordentlichen Menge kleiner trüber Punkte auf einer durchsichti-

1) Da diese Beobachtung zu einer andern Zeit, und wahrscheinlich nicht unter genau denselben Umständen wie die übrigen angestellt wurde, so habe ich sie für die aufgestellten Ansichten in ungünstigster Weise angeführt. Der wirklich beobachtete Procentgehalt war 19.

gen Oberfläche herrührte, und *dies* nicht sowohl vermöge einer physikalischen Eigenthümlichkeit seines kohligten Materials, als vielmehr vermöge der mechanischen Vertheilung des opaken Staubes auf der Steinsalzfläche.

13) Diefes veranlafste mich, den Einfluss *mechanischer Veränderungen der physischen Oberfläche des Steinsalzes* zu untersuchen, in der Erwartung, ein Analogon zu der Wirkung des Berufens zu finden. Geleitet durch keine anderen Gründe als die bereits angegebenen, machte ich beide Seiten einer polirten Platte Steinsalz mit Sandpapier rauh, indem ich jede Oberfläche rechtwinklich rieb, bis sie ganz blind geworden. Ich untersuchte darauf ihre Durchgänglichkeit für Wärme aus verschiedenen Quellen, und fand zu meiner Befriedigung meine Vermuthung bestätigt. Der Durchgang von dunkler Wärme, verglichen mit dem von einer durch Glas gesiebten Lampenwärme, stand in dem Verhältniß von nicht weniger als 3 : 1 <sup>1</sup>).

1) Als Beweis von meiner Ueberzeugung von der wahren Wirkungsweise des aufgeblättern Glimmers auf Wärme bemerke ich, daß das im Text angegebene Raisonement auf keine späteren Versuche als die schon angeführten vom März 1838 gegründet ist. Die allererste Seite meines Tagebuchs vom letzten Herbst enthält *gleichzeitige* Versuche, erstlich über berufstes Steinsalz zur Prüfung von Hrn. Melloni's Beobachtung, zweitens über aufgeblättern Glimmer, um meine eignen vom März 1838 auf senkrechte Einfallswinkel auszudehnen, drittens über geritzte Oberflächen, in der Voraussetzung, daß die beiden ersten gelingen würden. Da Herr Melloni glaubt, ich hätte keine klare Idee von den Eigenschaften des aufgeblättern Glimmers, welche er, wenn ich ihn recht verstehe, in der That noch bezweifelt, so will ich die citirte Stelle meines Tagebuches *wörtlich* angeben. — „1839 Nov. 12. Hr. Melloni hat neuerlich (*Compt. rend. Sept. 2*) angegeben, daß berufstes Steinsalz die einzige bekannte Substanz sey, welche Wärme von niederer Temperatur leichter als leuchtende durchläßt; dies wird erstens durch meine, schon veröffentlichten Versuche vom 20. März 1838 über durch Erhitzung aufgeblättern Glimmer widerlegt, und zweitens hege ich einige Zweifel, ob (bei seinen Versuchen) die Qualität des *Materials* oder nur die *Oberfläche* das Resultat herbeiführte. Um dies zu ermitteln und

14) Es erhellet demnach, daß es wenigstens drei Bedingungen giebt, unter welchen ein Medium fähig befunden werden kann, Wärme von geringer Brechbarkeit durchzulassen, und daß zwei derselben *nur* mit der mechanischen Constitution in Beziehung stehen. Es war natürlich, den Fall mit der Rußschicht, so wie den mit der geritzten und geblättern Oberfläche zu verallgemeinern und unter eine Kategorie bringen zu suchen. Wie schon gesagt, bot die mechanische Vertheilung der opaken Kohlentheilchen eine plausible Analogie dar, welche ich weiter zu führen mich bemühte.

15) Die Zahlen in §. 10 mögen mit den folgenden verglichen werden.

	Von 100 einfallend. Strahlen gingen durch beim		Relativer Durchgang beim	
	beruften	rauh gemacht	beruften	rauh gemacht
	Steinsalz.		Steinsalz.	
Locatelli mit Glas . . .	30	49	100	100
- ohne Glas . . .		62		126
Dunkel heißes Messing	58	70	192	142
Heißes Wasser . . . .	67	77	223	157

16) Es fiel mir bei, daß wenn die Wirkung des Rußes ganz eine *oberflächliche* sey, oder von dem Charakter einer dem Steinsalz verliehenen rauhen Oberfläche herrühre, die Wirkung zweier solcher Oberflächen auf

frühere Versuche zu erhärten, beruften ich eine Steinsalzplatte, machte eine andere mit Sandpapier *rauh*, erst auf der einen, dann auf beiden Seiten, stellte auch die aufgeblättern Glimmersäule *H* *winkelrecht* gegen die Wärmestrahlen. — (Hier folgen die Versuche.) — Es geht also klar hervor, daß das bloß *rauh* gemachte Steinsalz die dunkle Hitze am meisten durchläßt. Ich vermute, daß die Wirkung des Berußens bloß eine *oberflächliche* ist, und daß das *Rauh* machen leuchtende Wärme mehr dämpft als dunkle. — Dies ist die *erste* Seite meines Tagebuchs nach der Bekanntmachung von Hrn. Melloni's Brief in den *Comptes rendus*.

den Wärmedurchgang wahrscheinlich abweichen würde von dem einer einzelnen Rufsschicht, die so dick wäre, um Wärme von irgend einem besonderen Grade der Brechbarkeit eben so stark zu absorbiren. Zu dem Ende berufste ich drei polirte Steinsalzplatten, so daß zwei, bezeichnet mit *D* und *E*, zusammen sehr nahe eben so viel dunkle Wärme absorbirten als die dritte *A* allein.

17) Ich benutze diese Gelegenheit, um anzugeben, wie es mir gelungen, brennbare Oberflächen ohne Anbrennung, oder krystallisirte Substanzen, die, wie Steinsalz, bei directer Anwendung einer Kerzenflamme reißen und springen, zu berufen. Eine große Gasflamme, umgeben von einer weiten, 10 bis 15 Zoll langen Röhre, gegen welche die Flamme zum Theil anschlägt, giebt einen Strom von verhältnißmäßig kaltem Ruß, den man bei jeglicher Oberfläche anwenden kann. Mit diesen drei berufenen Steinsalzplatten erhielt ich folgende Resultate:

	Wärmequelle.		
	Locatelli mit Glas.	Locatelli.	Dunkle Wärme.
Procente.			
Berufte Steinsalzplatte <i>A</i>	8,3	17,2	32,9
- - - <i>D</i>	26	41	58
- - - <i>E</i>	23,5	36	53,5
- - - <i>D+E</i>	7,3	18	32,1

Da die meisten dieser Resultate aus einzelnen Versuchen abgeleitet sind, so müssen die erste und die letzte Zeile als fast identisch betrachtet werden, und gewiß zeigen sie zwischen dem Absorptionsvermögen einer dicken Rufsschicht und zweier dünnen keinen wesentlichen Unterschied, der in der Annahme, daß die Wirkung eine bloß oberflächliche sey, erwartet werden könnte.

Aus diesen Zahlen ergibt sich ein anderer Schluss von einiger Wichtigkeit. Da eine Rufsschicht Wärme von niedriger Temperatur und Brechbarkeit am leichte-

sten durchläßt, so steht zu erwarten, daß sie jeden zusammengesetzten Wärmebündel, den sie durchläßt, in seiner Beschaffenheit abändert, und daß folglich jeder solcher Durchgang den folgenden erleichtert. Nun finden wir, daß die Platte *D* 26 Proc. von der Wärme aus der ersten der obigen Quellen durchläßt, und daß von den 26 aus *D* entweichenden und auf eine zweite Rußschicht *E* fallenden Strahlen, diese Schicht *E* 7,3 durchläßt, d. h. 28 Proc. von den auf sie einfallenden. Gemäß der dritten Zeile der Tafel läßt aber *E* nur 23,5 Proc. von den directen Strahlen durch, folglich ist die Durchgangsfähigkeit erhöht worden. Gleichergestalt finden wir für die Locatellische Wärme den Durchgang durch *E*, in Folge des vorherigen Durchgangs durch *D*, von 36 auf 44 gesteigert, und für die dunkle Wärme von 53,5 auf 56.

19) Hieraus ergibt sich eine nützliche Anwendung berufter Oberflächen, zu der ich bisweilen meine Zuflucht nahm. Es ist oft von Wichtigkeit, mit mehr oder weniger brechbaren Wärmestrahlen unter genau gleichen Umständen von Parallelismus oder Divergenz und Intensität zu arbeiten. Hat man bei Vorrichtung einer Oellampe mit Steinsalzlinse ein zusammengesetztes Wärmebündel von größerer Stärke als erforderlich erhalten, so kann man, durch Dazwischensetzung einer beruften Steinsalzplatte, die brechbarsten Strahlen absorbiren und bloß die übrigen durchgehen lassen; schaltet man dann ein Glas von geeigneter Dicke ein, so kann man die Intensität der Wärme genau in demselben Verhältniß verringern, aber die brechbareren (heißeren) werden allein zurückgehalten <sup>1</sup>).

1) *Berufstes* Glas ist offenbar ein ungemein opakes zusammengesetztes Medium, da es aus zwei Elementen besteht, die entgegengesetzte Enden des Spectrums absorbiren. Es ist sonderbar, wie wenig die wahre Ursache der Opacität einer auf Glas abgelagerten Rußschicht verstanden ward zur Zeit, als man sie als einen überzeugenden Beweis von

20) Obschon die Resultate des §. 17 nicht meiner Erwartung entsprachen, so entheben sie uns doch nicht einigen Zweifels rücksichtlich der Wirkungsweise der Rufsschicht, obwohl diese Versuche, so wie andere in diesem Aufsatz beschriebene, mich zu Hrn. Melloni's Meinung hinneigen, daß der Ruß vermöge seiner inneren Beschaffenheit und nicht vermöge seines mechanischen Gefüges wirkt. Ich habe Rufsschichten unter einem kräftigen Mikroskop untersucht, aber nichts von den fein vertheilten Kohlenpartikeln, aus denen er doch unzweifelhaft bestehen muß, entdecken können. Dennoch muß das Netzwerk, welches feines Pulver bei Aufstreuung auf eine Fläche bildet, wenn es (wie bei der Diffraction des Lichts) vermöge der Kleinheit seiner Zwischenräume wirkt, kräftiger wirken, sobald mehr derselben auf einander gelegt werden. Und es mag wenig bedeuten, ob die Rufsschirme getrennt, auf mehr hinter einander aufgestellte Platten abgelagert, oder durch mehrmaliges Berufen einer einzigen Fläche auf einander gehäuft sind. Ich sage dies nicht, um meine ursprüngliche Meinung aufrecht zu halten, vielmehr bin ich geneigt sie aufzugeben, und eine berufte Oberfläche im vollen Sinn des Worts als *diatherman* und *transparent* zu betrachten; allein bei Ausdehnung meiner Versuche auf rauh gemachte Oberflächen überraschte es mich doch etwas, zu finden, daß die fortgesetzte Wirkung des Furchens einer Fläche durch Reiben mit grobem Sandpapier nicht nur den Durchgang der Wärme verringert, sondern die *specifische* Wirkung auf Strahlen von verschiedener Brechbarkeit erhöht, während man eher glauben würde, daß die Wirkung, als von einer Vernichtung der Politur herrührend, nur eine

der unmittelbaren Strahlung der Wärme durch starre Körper anführte. Weit gefehlt die vorausgesetzte undurchsichtige Substanz zu seyn (ich gebrauche das Wort in Anwendung auf Wärme im freien Sinn), läßt der Ruß von gewissen Wärmearten eine überraschende Menge durch, wenn auch seine Dicke beträchtlich ist.

*oberflächliche* seyn, und eine Verstärkung der Rauheit nicht die relative *Diathermansie* für Strahlen von niederer Brechbarkeit erhöhen würde.

21) Entscheidende Versuche zeigen jedoch bei vergrößerter Rauheit eine erhöhte Empfindlichkeit für verschiedene Wärmearten. Zwei Steinsalzplatten, *a* und *b*, auf beiden Seiten in rechtwinklichen Richtungen mit Sandpapier geschleuert, wurden so aufgestellt, daß sie ein paralleles Wärmebündel in ähnlicher Weise auffingen. Der Unterschied der folgenden Zahlen rührt her von der geringeren Rauheit von *a*.

Steinsalz.	Wärmequelle.		
	Locatelli mit Glas.	Locatelli.	Dunkelhei- ßes Messing
Procente.			
Rauhe Platte <i>a</i> . . . . .	30	48,5	59
- - <i>b</i> . . . . .	16,6	28,5	45
- - ( <i>a</i> + <i>b</i> ) . . . . .	7,2	16	27,5
Procente der durch <i>a</i> empfan- genen und von <i>b</i> durchgelas- senen Wärme . . . . .	24	33	46,5
Verhältniß von <i>a</i> zu <i>b</i> . . . . .	100:55	100:58,5	100:76

Wir finden also hier, in jedem Fall, den Procentgehalt des Durchgangs in Folge des früheren Durchgangs durch eine raue Fläche erhöht. Die erhöhte Leichtigkeit des Durchgangs ist im Verhältniß größer als die einfallende Wärme heterogener war. Dunkle Wärme erleidet sehr wenig Veränderung. Es erhellt auch aus der letzten Zeile dieser Tafel, daß die größere Rauheit von *b*, verglichen mit *a*, den charakteristischen Effect *gesteigert* hat (analog der *Röthe* beim Licht).

22) Sehr viele Versuche habe ich gemacht, um mich zu überzeugen, daß die Wirkung aller drei schon angeführten (14) Media genau analog sey, und diese wirklich ähnliche Strahlen durch Absorption isoliren. Folgende

Tafel giebt einen Beleg dazu, indem sie zeigt, mit welcher erhöhten Leichtigkeit Wärmestrahlen aus jedweder Quelle von Steinsalz durchgelassen werden, wenn sie zuvor durch dieselbe oder eine andere Substanz gegangen sind.

Procente des Durchgangs durch die beruflste Steinsalzplatte *E* von Wärme aus verschiedenen Quellen, nach dem Durchgang durch folgende Media.

Wärmequelle.	Wärme durchgelassen von			
	Nichts.	aufgeblät- tertem Glim- mer <i>H.</i>	beruflstem Steinsalz <i>D.</i>	rauhem Steinsalz <i>a.</i>
Locatelli mit Glas	23,5		28	29
Locatelli . . . . .	36	43,5	44	40,4
Dunkelheißes Messing	53,5	56	56	55

23) Es ist sehr wichtig zu erwägen, wie diese Wirkung rauher Flächen zu erklären sey, und ob es beim Licht ein Analogon gebe. Kann sie etwa davon herrühren, daß die verschiedenen Wärmestrahlen an einer unpolirten Oberfläche ungleich reflectirt werden, und daß die spärlichst reflectirten die Mehrheit der durchgelassenen Strahlen bilden? Hierauf läßt sich erwiedern, daß die Intensität der Reflexion an polirten Oberflächen bei senkrechtem Einfall so unbedeutend ist, sowohl für Wärme als für Licht <sup>1)</sup>, daß wenn die spiegelnd reflectirte Wärme *gänzlich* in dem einen Fall durchgelassen, in dem andern absorbirt würde, der Unterschied, statt 30 Proc. und mehr von der einfallenden Wärme zu betragen (21), nicht 4 Proc. übersteigen könnte.

24) Aus dem analogen Fall beim Licht vermuthete ich im Gegentheil, daß sowohl das *zurückgeworfene* als *durchgelassene* Bündel bei einer solchen Fläche intensi-

1) S. Melloni, *Ann. de chimie et de phys.* Dec. 1835 (Annal. Bd. XXXVII S. 206 und 212) und mein Memorandum über die Intensität der reflectirten Wärme und des reflectirten Lichtes, *Proceedings Royal Soc. of Edinburgh*, p. 254.



ver seyn werde, da es wohl bekannt ist, daß die Politur spiegelnder wird für Licht von längeren Undulationen, und die Unebenheiten der Oberfläche zuerst für rothes Licht geringfügig werden.

25) Hierin sah ich mich nicht getäuscht. Da ich nicht eine vollständige Erforschung der diffusen Reflexion beabsichtigte, so beschränkte ich meine Aufmerksamkeit auf die Feststellung der allgemeinen Thatsache. Bei Anwendung eines Apparats, den ich noch nicht beschrieben habe, der aber mit dem in §. 51 meiner dritten Abhandlung <sup>1)</sup> die größte Aehnlichkeit besitzt, beobachtete ich die Intensität, mit welcher Wärme aus verschiedenen Quellen an einer *einzigen* Fläche von Flintglas, im polirten und im durch Smirgel abgeschliffenen Zustand, reflectirt wird. Unter bedeutenden Incidenzen bekam ich folgende Resultate, die in Bezug auf die Verstärkung der *regelmässigen* Reflexion an rauen Oberflächen, wenn die Wärme von niederer Temperatur oder Brechbarkeit ist, auffallend sind.

Verhältniß der an einer polirten und einer rauen Flintglasfläche reflectirten Wärme-Intensitäten.

Einfallswinkel.	W ä r m e q u e l l e.		
	Locatelli mit Glas.	Locatelli.	Dunkelheißes Messing.
60°		100 : 34	100 : 35,4
70	100 : 26,5	100 : 38,3	100 : 43,5

So weit ist also die Wirkung matter Flächen von übereinstimmendem Charakter. Die *dämpfende* (*stifling*) *Wirkung einer rauen oder geblättern Fläche* (welche Wirkung zugleich den zurückgeworfenen und den gebrochenen Strahl schwächt), *nimmt ab mit der Brechbarkeit der einfallenden Wärme*. Daß dasselbe bei der Reflexion des Lichtes stattfindet, ist bekannt; wahrschein-

1) Ann. Bd. XXXXV S. 444 und Taf. III Fig. 9.

lich verhält es sich auch so mit dem Durchgang desselben, doch ist dieß noch nicht deutlich beobachtet worden. Sehr unreine Substanzen lassen einen röthlichen Schein (*ruddy gleam*) durch; dasselbe thut auch Wasserdampf, wenn er nicht farblos ist <sup>1</sup>), und jeder practische Opticus weiß, daß von der grossen Mehrheit der Mittel das violette Ende des Spectrums zuerst absorbirt wird.

26) Wir schreiten nun zu einer genaueren Untersuchung des Einflusses der Oberfläche auf die Wärme. Es bieten sich hier zur unmittelbaren Lösung drei Aufgaben dar: 1) Wenn Mangel an Politur in der Menge der durchstrahlenden Wärme verschiedenen Ursprungs eine Veränderung von nicht weniger als im Verhältniß 3 : 1 hervorbringt: dürfen wir dann Steinsalzplatten mit dem gewöhnlichen Grad von Politur anwenden, und sie doch, wozu uns Melloni's Entdeckung bisher berechtigte, als gleich durchsichtig für jede Wärmegattung betrachten? 2) Hat die Rauheit dieselbe Wirkung auch bei anderen Substanzen. 3) Da das Mattschleifen mit Sandpapier nur darin besteht, daß auf einer polirten Fläche unzählig viele Furchen hervorgebracht werden: wird die Wirkung noch da seyn, wenn man die Furchen regelmäßig und in bestimmbarer Anzahl bildet?

27) Rücksichtlich der ersten Frage reicht es hin, sie in allgemeiner Weise bejahen zu können. Ich nahm zwei Steinsalzplatten, deren Oberfläche vor sehr langer Zeit nicht *regelmäßig* polirt worden, und, obwohl hell und klar, keineswegs besonders eben und gerade (*true*) waren. Von Locatellischer Lampenwärme, die zuvor durch Glas gesiebt worden, ließen diese *vier* Steinsalzflächen 72 Procent durch; bei dunkler Wärme aus berufstem Messing betrug der Durchgang 73 Procent, ein Unterschied, der bei diesem Versuch schwerlich zu beachten ist. *Der Durchgang dieser beiden sehr verschiedenen Wärmearten war also gleich.* Hr. Melloni hat gezeigt,

1) *Edinb. Trans. Vol. XIV p. 371. Ann. Bd. XXXVII S. 593.*

dafs, wenn das Steinsalz rein und vollkommen polirt ist, 0,92 der einfallenden Wärme von einem Paar Oberflächen durchgelassen werden; vier Oberflächen sollten also  $(0,92)^2$  oder 84,5 Procent durchlassen. Diese Schätzung habe ich geprüft und mich von ihrer Richtigkeit überzeugt. Die Abweichung im gegenwärtigen Fall (welche ich glaube nicht übergehen zu dürfen) rührt zum Theil ohne Zweifel von den Ungleichheiten der Oberflächen her; allein hauptsächlich von Unvollkommenheiten des Salzes selbst, welche, da der Versuch blofs ein relativer war, nicht beachtet wurden. Im Gegensatz hiezu gebrauchte ich zur selben Zeit (December 11, 1839) ein Stück Steinsalz, welches auf beiden Seiten polirt worden, das aber, durch Liegenlassen an der Luft auf einige Jahre, vollständig blind und grau auf der Oberfläche geworden war. Dieses Stück wurde nun einfach *mattegeschliffen*; es enthielt keine Furchen und war nirgend einer mechanischen Action unterworfen worden. Es liess nun durch dies

	von der Wärme aus	
	Locatelli mit Glas ; dunkelheissem Messing.	
matte Steinsalz	66 Proc.	77 Proc.

was klar den allgemeinen Satz feststellt.

28) In Betreff der Frage, ob Raubheit der Oberfläche die Diathermansie in ähnlicher Weise bei andern Substanzen abändere, wie beim Steinsalz, sind wir im Stande eine deutlich bejahende Antwort zu geben. Da Steinsalz, so zu sagen, gegen die Qualität und Quelle der einfallenden Wärme ganz gleichgültig ist, so tritt jede Ursache zu einer specifischen Wirkung unmittelbar hervor. Nicht so verhält es sich mit andern Substanzen, die, vermöge ihrer Natur, schon eine specifische Wirkung ausüben; diese Wirkung wird durch eine Modification der Oberfläche abgeändert. Wenigstens fragt es sich, ob eine solche Abänderung stattfindet oder nicht.

Ein Beispiel wird am besten erläutern, wie diese Abänderung entdeckt und ausgedrückt werden kann. Ich nahm eine Glimmerplatte mit ihren natürlichen glänzenden Oberflächen und so dünn, daß sie Wärme aus verschiedenen Quellen in beträchtlicher Menge durchliefs. In diesem Zustand betrug der Wärmedurchgang bei ihr:

	Locatelli mit Glas ; Locatelli ; dunkle Wärme		
Glimmer mit <i>glänzenden Oberflächen</i>	83,5	74	37.

Der Glimmer wurde auf beiden Seiten mit Smirgelpapier mattgeschliffen und der Versuch wiederholt (27. Nov. 1839):

	Locatelli mit Glas ; Locatelli ; dunkle Wärme		
Glimmer mit <i>rauh</i> Oberfläche	45,5	51	31,5.

Drückt man den ursprünglichen Durchgang durch 100 aus, so ist der durch die Raubheit der Fläche verminderte:

54                      69                      85

was so deutlich wie möglich beweist, daß die aufgefangene Menge proportional ist der Temperatur der Wärmequelle. Während die Raubheit der Oberfläche z. B. 46 Proc. von der ersten Wärmeart auffängt, hält sie von der dunkeln Wärme nur 15 Proc. zurück.

29) In Bezug auf die dritte Frage, wie nämlich eine verhältnißmäßig kleine Anzahl Furchen auf einer polirten Fläche statt einer allgemeinen Schwächung ihrer Politur wirken werde, verfuhr ich so. Auf eine gut polirte Steinsalzfläche liefs ich mit einer Diamantspitze eine Reihe äußerst feiner Linien ziehen, so daß sie dadurch in Quadrate von 0,01 Linie in Seite getheilt wurde. Auf eine ähnliche Platte wurden eben so feine Parallellinien, in Abständen von 0,005 Linien gezogen. Ein Stück dieser zweiten Fläche wurde mit Querlinien von

denselben Abständen versehen, so daß es in Quadrate, vier Mal kleiner als die ersten, getheilt wurde. Diese drei Media gaben folgende Resultate mit zwei sehr verschiedenen Wärmearten (Dec. 6 bis 11 1839):

Wärmequelle.	Quadrate 100 auf den Zoll.	Linien 200 auf den Zoll.	Quadrate 200 auf den Zoll.
Locatelli mit Glas . . .	76,5	61,5	45
Dunkelheißes Messing	82,3	68,5	64,5 1)

Für Wärme von 212° F. war der Durchgang noch stärker, wie man weiterhin ersehen wird.

(Schluß im nächsten Heft.)

## VI. *Ueber und gegen die Entwicklung der Electricität durch den chemischen Proceß, nebst einem Anhang von Versuchen über das elektromotorische Verhalten vieler flüssiger Leiter gegen Metalle; von C. H. Pfaff in Kiel <sup>2)</sup>.*

Die Absicht dieser kurzen Mittheilung ist nicht eine theoretische Erörterung eines immer noch in großes Dunkel gehüllten Gegenstandes, als vielmehr die Darlegung von Thatsachen, welche das Resultat zahlreicher, mit der größten Sorgfalt angestellter Versuche sind, und welche mir scheinen dem denkenden Forscher Data an die Hand zu geben, um den Schleier mehr als bisher zu lüften.

1) Der mit *Querlinien* versehene Theil der zweiten Fläche hatte weniger Sprünge (*Flaws*) als der einfach gestrichelte; dies erklärt den Unterschied dieser Zahl mit der in der vorhergehenden Spalte.

2) Ein Vortrag, gehalten im skandinavischen Verein von Naturforschern und Aerzten. Im Juli 1840.

Jedermann wird zugeben, daß die Quelle der elektrischen Kräfte, welche unter der Form der galvanischen Kette auftreten, nicht mit Sicherheit ausgemittelt ist. Während die Engländer nach dem ersten Vorgange Wollaston's vorzüglich in Folge der scharfsinnigen und umfassenden Versuche Faraday's streng der sogenannten chemischen Theorie ergeben sind, sind in neueren Zeiten durch gründliche deutsche Physiker, namentlich durch Fechner und Poggendorff, die erheblichsten Argumente dagegen aufgestellt, und die sogenannte Contacttheorie, wie sie zuerst durch Volta's Genie gleich einer Sonne, die nach allen Seiten ein vorher dunkles Gebiet erleuchtete, hervortrat, von Neuem in Schutz genommen worden, und ich selbst habe mich bemüht, in meiner Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus das Unzureichende und den Thatsachen, so wie allgemeinen Principien der Physik Widersprechende und Willkührliche der bei den Engländern so beliebten sogenannten chemischen Theorie nachzuweisen. Bei dem innigen Zusammenhange, in welchem dieselbe mit der ganzen sogenannten Elektro-*Chemie* steht, ist die Prüfung jener Ansicht von doppeltem Interesse, und darum eben scheinen mir die jetzt mitzutheilenden Ergebnisse einer großen Anzahl von Versuchen der Aufmerksamkeit der gerade auch um diesen Gegenstand so hoch verdienten Naturforscher, die den skandinavischen Verein bilden, werth.

Jene Versuche hatten einen dreifachen Zweck:

1) eine neue Prüfung der Versuche über Elektricitäts-erregung in Folge des chemischen Processes der Zusammensetzung und Zersetzung.

2) Die Ausmittlung der Rolle, welche die sogenannten feuchten Leiter in der galvanischen Kette spielen.

3) Die Ausmittlung eines Versuchs, durch welchen die in der galvanischen Kette erzeugte Elektricität, sofern sie als zersetzende Kraft wirkt, als ganz unabhän-

gig von dem damit jedesmal verknüpften chemischen Prozesse dargestellt wird.

Was die erste Untersuchung betrifft, so ist es hinlänglich bekannt, daß Lavoisier und Laplace im Jahre 1781 die ersten Versuche anstellten, durch welche die Elektrizitätserregung mit dem chemischen Prozesse in einen großen Zusammenhang gebracht wurde. Diese großen Physiker haben zwar die Ergebnisse ihrer Versuche nicht aus diesem Gesichtspunkte aufgefaßt, sondern vielmehr auf die Aenderung des Aggregatzustandes bezogen; allein jener Zusammenhang lag zu nahe, um nicht, in dem Maasse als die elektrische Ansicht des chemischen Processes in die Wissenschaft Eingang gewann, aufgefaßt zu werden. Sie bedienten sich bei ihren Versuchen des damals von Volta erfundenen Condensators, eines, wenn es mit gehöriger Vorsicht gebraucht wird, unschätzbaren Instruments, um die Entstehung der Elektrizität in ihren leisesten Spuren zu entdecken, das aber auch eben so leicht zu den größten Täuschungen Veranlassung geben kann. Daß solche Täuschungen in Lavoisier's und Laplace's Versuchen stattgefunden haben müssen, wird sich weiter unten ergeben.

Lavoisier und Laplace brachten nämlich wohl isolirte Pokale, in welchen aus Eisenfeile durch verdünnte Schwefelsäure und verdünnte Salpetersäure in dem einen Falle reichlich Wasserstoffgas, in dem andern Salpetergas entwickelt wurden, so wie einen solchen isolirten Pokal, in welchem sich aus pulverisirter Kreide durch Uebergießen mit verdünnter Schwefelsäure reichlich kohlensaures Gas entwickelte, vermittelst eines Drahtes mit dem Condensator in Verbindung, und erhielten so sehr auffallende Spuren von *negativer* Elektrizität, und zwar mit dem Wasserstoffgase so auffallende, daß sie aus dem Condensator einen Funken ziehen konnten, mit dem Salpetergase viel weniger auffallende, ungeachtet sie drei Pokale anwendeten. In der Voraussetzung, daß hiebei durch

durch die entstehenden Dämpfe Elektricität absorbiert und daher das Gefäß in einem Zustande von negativer Elektricität (Mangel an Elektricität) zurückgelassen werde, stellten sie auch über die Elektricitätserregung durch Verdampfung des Wassers Versuche an, indem sie auf die angezündeten Kohlen in drei isolirten Kohlenbecken, welche mit dem Condensator in Verbindung standen, Wasser gossen. Auch in diesem Falle erhielten sie durch den Condensator Spuren von negativer Elektricität. Als sie aber denselben Versuch mit drei isolirten geheizten Eisenblechöfen, auf welche sie Wasser gossen, und welche mit einem empfindlichen Volta'schen Strohhalm-Elektrometer in Verbindung standen, wiederholten, erhielten sie nur in einem Falle negative Elektricität, in zwei aber positive Elektricität, welches sie davon ableiteten, daß durch die zugleich stattfindende Verdichtung der Dämpfe mehr gebundene Elektricität wieder in Freiheit gesetzt, als durch die Verdampfung wieder gebunden worden sey. Diese Versuche fallen offenbar in die Kindheit des Gebrauchs des Condensators, durch dessen nicht vorsichtige Behandlung leicht ohne fremde Mitwirkung Elektricität erzeugt werden kann. Außerdem ist es mir höchst wahrscheinlich, daß in allen diesen Fällen die Elektricität auf galvanische Weise erzeugt wurde, indem heterogene Metalle, namentlich der metallische Verbindungsdraht und die Eisenfeile mit einander in Berührung kommen. Endlich könnte auch Thermo-Elektricität dabei im Spiele gewesen seyn.

Diese Versuche wurden nun in Beziehung auf die Elektricitätserregung durch Verdampfung des Wassers wiederholt, die erhaltenen Resultate widersprachen sich aber einander. Nun stellte Davy seine trefflichen Versuche an über die Erregung von Elektricität durch wechselseitige Berührung entgegengesetzt chemisch wirkender Körper, und über das elektrische Verhältniß der wirklichen chemischen Verbindung, und das wichtige Resultat



dieser Versuche war, daß auch durch den lebhaftesten chemischen Proceß, namentlich durch das Verbrennen des Phosphors, die Verbindung von Säuren und reinen Laugensalzen etc. *keine Spur* von Elektricität erzeugt werde, worauf er seine elektro-chemische Theorie gründete, welcher zufolge die entgegengesetzten Elektricitäten sich zu *Feuer* verbinden, und eben damit gänzlich verschwinden sollen. Diese Versuche sind nun aber in neueren Zeiten durch Pouillet bestritten worden, der zugleich den wahren Grund des Widerspruchs der Versuche unter einander über Elektricitätsentstehung beim Verdampfen des Wassers aufgefunden zu haben glaubte, und der chemischen Theorie der galvanischen Kette eine neue Stütze verschaffte. Pouillet bediente sich bei seinen Versuchen gleichfalls des Condensators, und gab genau die kleinen Kunstgriffe an, die befolgt werden müssen, um entscheidende Resultate zu erhalten, und deren Vernachlässigung vorzüglich den negativen Erfolg in Davy's Versuchen veranlaßt habe. Ich übergehe dieses Detail, das man in seinen beiden Abhandlungen nachlesen kann, und theile nur die Hauptresultate der Versuche mit:

1) Bloße Veränderung des Aggregatzustandes hat keine Elektricitätserregung, keine Störung des elektrischen Gleichgewichts zur Folge. Verdampft daher Wasser in Tiegeln aus reinem Platin, so ladet sich der Condensator weder durch die entweichenden Dämpfe noch durch den Tiegel, in welchem die Verdampfung geschieht. Auch Essigsäurehydrat, reine Essigsäure, welche unzersetzt verdampft, erzeugt keine Elektricität.

2) Es findet aber jedesmal Elektricitätserregung statt, wenn das Wasser sich beim Verdampfen von einem andern Körper trennt, der das Gefäß, aus welchem es verdampft, chemisch verändert. Ist der Körper, von welchem das Wasser verdampft, ein alkalischer, wie Aetzkali, Baryt, Strontian, Kalk, so ladet das Gefäß, in welchem der fixe alkalische Körper zurückbleibt, den

Condensator mit positiver Elektricität, die Dämpfe entweichen also mit negativer Elektricität; bleibt aber eine Säure zurück, wie Schwefelsäure, auch wenn sie nur  $\frac{1}{100}$  beträgt, so bleibt das Gefäß mit negativer Elektricität geladen zurück. Dieselbe Wirkung sollen auch Salze, neutrale sowohl als basische und saure haben, das Gefäß, in welchem der Rückstand sich befindet, ladet den Condensator negativ. Auch die Oxydation der Gefäße von Eisen, Kupfer, ja selbst von Silber, das dabei anläuft, soll den Condensator negativ laden. Ammoniak soll beim Verdunsten das Wasser im negativen Zustande zurücklassen.

3) Die Verbrennung der Kohle mit der Vorsicht vorgenommen, daß die sich bildende Kohlensäure nicht an der Kohle hinstreicht, soll die Kohle, mit negativer Elektricität geladen, zurücklassen; die entweichende *Kohlensäure* soll den Condensator *positiv* laden.

4) Beim Verbrennen von Wasserstoffgas, Kohlenwasserstoffgas, Alkohol, soll ein Platindraht, der sich innerhalb der Flamme befindet, den Condensator negativ laden; dagegen soll eine Platinspirale in dem Raume außerhalb der Flamme, bis auf eine Entfernung von 5 Linien von dieser, den Condensator positiv laden. Beim Verbrennen eines aus einer metallenen Röhre hervorströmenden Gemenges von Sauerstoffgas und Wasserstoffgas soll die Röhre positive Elektricität zeigen, zum Beweise, daß beim Verbrennen überschüssige positive Elektricität erzeugt werde.

Mit diesen Resultaten stimmen die von Becquerel erhaltenen nicht ganz überein, der mit Kupfer- oder Platindrähten die in die Flamme des Wasserstoffgases oder Alkohols oder eines Papiers gehalten, nach Verschiedenheit der Temperatur, bald positive, bald negative Elektricität durch den Condensator, mit welchem der Draht communicirte, erhielt. Ein kupfernes Gefäß, in welchem Wein-

geist verbrannte, zeigte negative Electricität — verbrannte aber der Weingeist durch Hülfe einer Platinspirale in einer aphlogistischen Lampe, und war diese Spirale durch eine Glasröhre vom Kupfergefäße getrennt, so theilte diese Spirale mittelst eines anderen Platindrahts dem Condensator negative Electricität mit, während das Gefäß positiv sich zeigte.

Man sieht schon aus dieser kurzen Mittheilung, wie wenig Beziehung die Electricitätserregung auf den chemischen Proceß hat, und wie weit mehr thermo-electrische Verhältnisse hierbei im Spiele seyn mußten. Ich gehe aber noch weiter, und behaupte, daß die genannten Physiker durch das Instrument getäuscht wurden. Unzählige Versuche, die ich besonders über das elektrische Verhalten der feuchten Leiter gegen die trocknen angestellt habe, haben mich überzeugt, daß ganz unbedeutende Umstände dem Condensator eine Ladung mittheilen können. Ich habe daher alle Resultate durch viele Gegenversuche so viel wie möglich zu sichern gesucht, und keinem Resultate Vertrauen geschenkt, wenn ich mich nicht durch wiederholte Versuche überzeugt hatte, daß der Condensator, für sich allein geprüft, auf einen zweiten Condensator keine oder wenigstens eine nur höchst unmerkliche Electricität übertrug. Die von mir angewandten Condensatoren waren übrigens von der höchsten Empfindlichkeit, mit einer Schicht von Schellackfirnis beide Platten überzogen. Durch die mehrmalige Uebertragung der condensirten Electricität von einem Condensator auf einen zweiten ist man im Stande auch die leisesten Spuren von Electricität wahrnehmbar zu machen, und zu einem Grade zu steigern, daß nicht bloß die Goldblatt- sondern auch die Strohhalmelektrometer bis zum Anschlagen divergiren. Die Constanz der Wirkung, der Größe nach, in dem Verhältnisse der Zahl der Uebertragungen, so wie dem Zeichen nach, ob nämlich die Electricität sich als positive oder negative zeigt,

sichert bei gehöriger Wiederholung gegen jede Täuschung. In die Platten der Condensatoren waren seitwärts Messingplatten eingeschraubt, um auf dieselben entweder die Gefäße zu stellen, in welchen die chemischen Processe vorgingen, oder die erzeugten Dämpfe, Gasarten an denselben wegstreifen zu lassen, und um die etwa störende Wirkung auf die Firnissschicht zu vermeiden, wodurch der Condensator seine Wirkung verlieren konnte, wurden die Stiele, durch welche die Platten eingeschraubt waren, hinlänglich verlängert oder schützende Schirme angewandt. Außerdem wurden alle Vorsichtsmafsregeln angewandt, um bei Anwendung von Tiegeln von Platin, Silber u. s. w. den elektromotorischen Einfluß zu beseitigen, den die Berührung derselben mit jenen Messingplatten, oder der Materie, welche sie enthielten, z. B. den Eisenfeilen u. s. w., hätte äußern können, indem die Gefäße mit Papier ausgekleidet, auf Unterlagen von nassem Papier u. s. w. gelegt wurden.

Das Resultat aller Versuche war, dafs in keinem der verschiedenen Verbrennungsprocesse, so wie in keinem der Zersetzungsprocesse, in welchen sich Gase oder Dämpfe entwickelten, *auch nur die leiseste Spur* von Elektrizität entwickelt wurde. So verhielten sich namentlich *Schwefel* und *Phosphor*, die in Porcellanschalen verbrannt wurden, von denen aus eine hinlängliche Zuleitung von genähten Streifen von Papier oder Amianth zu der Platte, auf welcher sie standen, führte. Auch durch zwanzigfache Uebertragung auf einen zweiten Condensator kam keine Elektrizität zum Vorschein, von der eben so wenig eine Spur sich zeigte, wenn die sauren Dämpfe, die sich aus den verbrennenden Körpern entwickelten, gegen die Platte geleitet wurden. Eben so wenig zeigte sich eine Spur von Elektrizität, wenn, nach Pouillet's Methode eine Spirale von Platindraht in die Flamme gebracht wurde, oder diese in gröfserer oder kleinerer Entfernung umgab, und von derselben aus eine

Zuleitung durch Platindraht nach dem Condensator hingeleitet wurde. Ein gleiches negatives Resultat gab das im Sauerstoffgase verbrennende Zink, das Wasserstoffgas, der Aether und Alkohol. Nur die Kohle machte in einem Punkte eine Ausnahme. Wenn nämlich die Kohlencylinder ganz nach Pouillet's Vorschrift auf je-  
ner Messingplatte des Condensators, auf dessen Papierüberzug sie durch Gummiwasser befestigt waren, so verbrannt wurden, daß die erzeugte Kohlensäure nicht an ihnen vorbeistreichen konnte, indem sie allmählig von oben nach unten sich verzehrten, so wurde der Condensator allerdings mit negativer Elektricität geladen, und nach achtmaliger Uebertragung kamen die Goldblättchen zum Anschlagen. Dagegen theilte die sich dabei entwickelnde Kohlensäure dem Condensator keine Spur von positiver Elektricität mit, wenn auch ganz nach Pouillet's Vorschrift verfahren wurde. Ich bin daher der Meinung, daß die Elektricitäts-erregung auch in diesem Falle nicht mit dem chemischen Prozesse im Zusammenhange stehe, sondern vielmehr auf einem thermo-elektrischen Verhältnisse zwischen dem glühenden und dem noch mehr kalten unteren Theile der Kohle beruhe, wie dieß bei manchen Metalldrähten der Fall ist. Vielleicht könnte auch die Elektricitäts-erregung zwischen der sich bildenden alkalis-  
chen, auf das befeuchtete Papier herabfallenden Asche Antheil daran haben, durch deren Berührung alle Metalle negativ erregt werden.

Auch alle Verdampfungsversuche, so wie Gasentbindungen, gaben nur negative Resultate. Weder Wasserstoffgas, noch Schwefelwasserstoffgas, weder Kohlensäuregas, noch Salpetergas gab auch in mehreren Minuten lang fortgesetzten Versuchen bei der reichlichsten Entbindung die geringste Spur von Elektricität. Denselben negativen Erfolg gab das Wasser, es mochte ganz rein verdampfen, oder beim Verdampfen von der Schwefelsäure, den Laugensalzen oder Salzen sich abtrennen.

Die zweite Reihe der von mir zur Aufklärung der Quelle der Elektricität in der galvanischen Kette mit dem Condensator angestellten Versuche betraf das Verhalten der sogenannten feuchten Leiter des Galvanismus mit den trocknen bei ihrer wechselseitigen Berührung. Hr. Poggendorff hat in neueren Zeiten durch Hülfe des Multipliers, wenn es also, wie man sich ausdrückt, zum Strome gekommen ist, dieses Verhältniß gleichfalls zu bestimmen gesucht; er hat aber hiebei zunächst immer nur auf das sogenannte positive, oder das allein oder wenigstens mehr oxydirbare Metall Rücksicht genommen, allein die Stärke und selbst die Richtung dieses Stromes kann nur dann mit Genauigkeit bestimmt werden, wenn man zugleich das elektrische Verhältniß des sogenannten passiven Metalls mit berücksichtigt, und eben hiezu liefern die Versuche über die bloße Setzung von Spannung die erforderlichen Data, wozu der Condensator unentbehrlich ist.

Bereits in meiner Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus habe ich von mehreren Flüssigkeiten ihr elektrisches Verhalten in der Berührung mit mehreren Metallen genau bestimmt; — ich habe seitdem diese Versuche oft wiederholt, um die Gewissheit der Constanz der Resultate zu erhalten, und noch auf viele andere Flüssigkeiten ausgedehnt. Namentlich habe ich das Verhalten der ganz concentrirten *Schwefelsäure*, und der ganz concentrirten *Salpetersäure*, und mehrerer Metallsalze, namentlich des *Zinkchlorürs* und *Zinkchlorids*, in verschiedenen Graden der Verdünnung, des salpetersauren Silbers, des salpetersauren Quecksilberoxyduls und Oxyds, des salpetersauren Bleis, des schwefelsauren Eisenoxyds geprüft.

Es würde hier zu weit führen, wenn ich diese Reihen, die durch oft wiederholte Versuche mit großer Sicherheit bestimmt worden sind, aufzählen wollte; — es mag hier genügen nur einige der Hauptresultate heraus-

zustellen. Die Versuche selbst wurden auf mannichfaltige Art angestellt, indem z. B. Streifen der verschiedenen Metalle auf gleich geformte Pappscheiben, die mit der zu prüfenden Flüssigkeit getränkt waren, gelegt, und die obere Fläche der Metallscheibe mit einer mit destillirtem Wasser getränkten Pappscheibe bedeckt wurde, durch deren Vermittlung die Verbindung mit der Condensatorplatte geschah, oder es wurden U-förmige Röhren genommen, die mit der zu prüfenden Flüssigkeit gefüllt wurden, und in deren einen Schenkel eine Stange oder ein dicker Draht des zu prüfenden Metalls gesteckt wurde, während von dem andern Schenkel aus eine Communication mit dem Finger des Experimentators durch einen in die Flüssigkeit eingetauchten Pappstreifen geschah.

*Erstes Resultat.* Die Stärke der elektrischen Erregung stand durchaus in keinem gesetzlichen Verhältnisse mit der chemischen Einwirkung. Auch beim gänzlichen Mangel an chemischer Einwirkung fand viele Tage hindurch unverändert starke elektrische Erregung statt. Einen sehr auffallenden Beleg hiezu lieferte der Stahl, der in concentrirter *Salpetersäure* vom ersten Anfange an während 14 Tage sehr starke positive Erregung zeigte, selbst eine stärkere als das Zink mit dem Kupfer, und der in dieser ganzen Zeit nicht im geringsten angegriffen wurde. Eben so zeigte das *Blei* während acht Tage unverändert starke positive Elektrizität mit der concentrirten Schwefelsäure; Gold, Platin sehr starke negative Elektrizität während vieler Tage mit dem *Aetzkali*; dagegen zeigte Zink in der Salzsäure während des heftigsten Angriffs auf dasselbe nur eine sehr geringe negative Erregung, die vielmehr nach Abnahme derselben zunahm. *Ammoniak* brachte mit *Zink* und *Zinn* eine viel stärkere, und zwar negative Erregung hervor als mit Kupfer, und auch mit Silber stärker als mit diesem. Auch war mit der concentrirten Schwefelsäure, mit der concentrirten Salpetersäure, die im Allgemeinen viel schwä-

cher auf die Metalle wirken, die Erregung viel stärker als mit den verdünnten Säuren.

Einzelne Metalle bringen mit Flüssigkeiten, von denen sie gar keine chemische Einwirkung erfahren, eine eben so starke elektrische Erregung hervor als diejenige ist, welche die am stärksten auf einander in der Berührung wirkenden Metalle zeigen, so z. B. Gold und Platin mit *Aetzkali*, Gold mit salpetersaurem Silber u. s. w.

2) Was die Art der elektrischen Erregung betrifft, mit welcher die verschiedenen Metalle mit den verschiedenen Flüssigkeiten auftreten, so ergeben sich folgende allgemeine Gesetze:

a) Die alkalischen Flüssigkeiten, Aetzkali, Aetznatron, Ammoniak, versetzen im Allgemeinen die Metalle in einen *negativ-elektrischen* Zustand, und zwar in einen um so stärkeren, je näher diese Metalle dem positiven Ende der galvanischen Spannungsreihe liegen, doch ohne daß diese Ordnung in aller Strenge stattfindet, indem die Metalle nach der Stärke der Erregung geordnet so auf einander folgen:

Zinn, Antimon, Zink, Kupfer, Gold, Platin,  
Wismuth, Silber.

Die Erregung des Zinns und Zinks durch Aetzkali ist sogar viel stärker als diejenige eben dieser Metalle durch Kupfer.

b) *Concentrirte Säuren*, wie Schwefelsäure, Salpetersäure theilen den Metallen die entgegengesetzte, nämlich die positive mit, namentlich werden *alle Metalle* ohne Ausnahme durch die concentrirte Salpetersäure positiv erregt; gegen die *concentrirte Schwefelsäure* theilen sie sich dagegen in zwei Gruppen, indem die dem negativen Ende der Spannungsreihe näher gelegenen Metalle: Gold, Platin, Kupfer, positiv, die übrigen Metalle dagegen negativ erregt werden; auf gleiche Weise verhält sich



die starke Salzsäure, indem Gold, Platin, Stahl dadurch positiv, die übrigen Metalle, namentlich auch das *Silber*, negativ erregt werden.

- c) Für die elektrische Erregung durch die Auflösung der schweren Metallsalze scheint das allgemeine Gesetz zu gelten, daß die Metalle jedesmal diejenige Elektrizität annehmen, die sie auch durch die unmittelbare Berührung des in der Auflösung enthaltenen Metalls annehmen. Man könnte glauben, daß der Grund hievon darin liege, daß das aufgelöste Metall, aus der Auflösung sich niederschlagend, eine dünne Schicht auf dem eingetauchten Metalle bilde, wodurch eine gewöhnliche galvanische Combination aus zwei Metallen entstehe, die den erwähnten Erfolg geben müsse. Diese Erklärung läßt sich jedoch nicht in allen Fällen anwenden, da sie auch bei Metallen eintritt, die das aufgelöste Metall nicht niederschlagen, wie z. B. beim *Gold* in der *salpetersauren Quecksilberauflösung*. Man könnte daher in dieser Erscheinung ein Argument für die atomistische Ansicht hernehmen, welche voraussetzt, daß die Körper noch ganz unverändert in ihren Auflösungen existiren. — auch könnten diese Versuche dazu dienen, die galvanische Spannungsreihe zu controliren. Zur Erläuterung des angeführten gewiß merkwürdigen Gesetzes will ich nur einige Reihen anführen: 1) In der Auflösung des *salpetersauren Silbers*, verhielten sich alle in diesen Versuchen geprüfte *Metalle*, mit Ausnahme des *Platins*, das allein negativ erregt wurde, *positiv*, und zwar wurden sie im Allgemeinen stark erregt, und zwar um so stärker, je näher sie dem positiven Ende stehen, das *Zink* also am stärksten, und sogar stärker als bei Berührung mit *Kupfer*. 2) In der Auflösung des *salpetersauren Quecksilberoxyduls* wur-

den alle Metalle positiv erregt, und was sehr merkwürdig war, die mehr negativen Metalle, wie Gold, Platin, Silber, stärker als die mehr positiven Metalle, Eisen, Blei, Zinn, Zink, und letzteres wurde sogar schwach negativ erregt. Ob vielleicht hierbei eine neu entstandene galvanische Combination von Zinkamalgam mit Zink, welches letztere mit erstem negativ ward, den Erfolg bestimmte, laß ich dahingestellt seyn. 3) In einer concentrirten Auflösung von *Zinnchlorür* wurden alle Metalle negativ erregt, und um so stärker, je näher sie dem negativen Ende stehen, so daß z. B. Antimon viel stärker als Wismuth erregt wurde. Zinn selbst zeigte nur eine höchst schwache Erregung, und Zink zeigte eine derjenigen der übrigen Metalle entgegengesetzte Erregung, wie nach dem Gesetze zu erwarten war; es zeigte nämlich eine starke positive Erregung.

3) In den meisten Flüssigkeiten zeigten die meisten Metalle permanent die gleiche Erregung; bei einigen, insbesondere beim Blei und Zink, nahm in einigen Flüssigkeiten die Erregung ab, und verwandelte sich in die entgegengesetzte. Auch verdient noch bemerkt zu werden, daß sich die stärkste Erregung oft erst eine kurze Zeit nach dem ersten Eintauchen entwickelte. Doch ich würde zu weitläufig werden, wenn ich hier die Reihe aller meiner zahlreichen Versuche mittheilen wollte: die angeführten werden hinreichen, um die größten Bedenklichkeiten gegen die sogenannte chemische Theorie des Galvanismus zu begründen.

Ich theile endlich noch einen Versuch mit, der mir ein Experimentum crucis gegen die Theorie der Uebertragung der Affinität unter der Form der Elektricität erscheinend, wie sie von Faraday, Graham und seinen Anhängern vorgetragen wird, zu seyn scheint.

Es wurden zwei genau in Cubikcentimeter einge-

theilte Röhren vorgerichtet, an welchen im Anfange des unteren Dritttheils seitwärts ein kleines Loch sich befand, durch welches ein kleiner Platindraht vollkommen dicht in die Röhre ging, an welchem in der einen Röhre ein Streifen von Zinkblech, in der andern ein gleich großer Streifen von Platinblech aufgehängt werden konnten. Zur Füllung der Röhren wurde stark verdünnte Schwefelsäure angewandt, und die Röhren in eine Porcellanschale, mit gleicher Flüssigkeit gefüllt, aufgestellt. Es wurde in wiederholten Versuchen genau bestimmt, wie viel Wasserstoffgas der *Zinkstreifen für sich* durch den gewöhnlichen chemischen Proceß in einer genau bestimmten Zeit lieferte. Dieser Versuch wurde mit möglichst ganz gleichen Zinkstreifen wiederholt, und gab übereinstimmende Resultate in Rücksicht auf die Menge des entwickelten Wasserstoffgases. Nun wurde abermals ein solcher Zinkstreifen eingehängt und so schnell als möglich durch seinen Draht mit dem Drahte des Platinstreifens verbunden. Hierdurch wurde begreiflich eine einfache galvanische Kette aus Zink und Platin gebildet. In diesem Falle hätte wenigstens ein Theil der Affinität, durch welche Zink aufgelöst und Wasserstoffgas an demselben entwickelt wurde, auf das Platin übertragen worden seyn, die Entwicklung des Wasserstoffgases am Zink vermindert, und was daran fehlte, am Platinblech entwickelt worden seyn müssen. Aber an dem Zinkstreifen entwickelte sich in *gleicher Zeit eben so viel Wasserstoffgas* wie zuvor, und außerdem trat nun eine, freilich viel geringere, gleichsam accessorische Entwicklung von Wasserstoffgas am Platinblech ein, dem begreiflich eine verhältnißmäßig größere Menge Oxyd, die sich am Zink bildete und in der Säure aufgelöst wurde, entsprach. Beide Processe gingen also gleichsam ganz unabhängig von einander vor sich, der chemische Proceß nach wie vor mit gleicher Stärke, indem eben so viel Wasserstoffgas in der Zinkröhre entwickelt wurde, und der von der durch die *Berührung der Metalle* unter einander

fortdauernd in Strom versetzten Elektricität abhängige Zersetzungsproceß, der unter der bestimmten galvanischen Form austrat, indem der Wasserstoff sich am Platin, der Sauerstoff am Zink entwickelte <sup>1)</sup>. Es reicht hin, die Thatsache ausgesprochen zu haben, um ihr ganzes Gewicht gegen die chemische Theorie und ihre Beweiskraft für die Contacttheorie zu erkennen.

(Schluß im nächsten Heft.)

VII. *Ueber eine Beobachtung, betreffend den die elektrische Ladung trennenden Nichtleiter;*  
*von K. W. Knochenhauer.*

Aus seinen in diesen Annalen, Bd. XXXXVI, mitgetheilten Versuchen hat bekanntlich Faraday den merkwürdigen Satz hergeleitet, daß die Theilchen des eine elektrische Ladung trennenden Nichtleiters eine polare Stellung annehmen, weil der Nichtleiter, je nach seiner Natur, mehr oder weniger das wechselseitige Binden der Elektricitäten befördert. Je wichtiger nun dieser Satz ist und jemehr er die bisherigen Ansichten über die Wirkungsweise der Elektricität modificiren muß, um desto mehr scheint mir auch jede Beobachtung, welche über dieses Verhältniß nähere Auskunft geben kann, einige Beachtung zu verdienen, und demnach erlaube ich mir das Folgende mitzutheilen.

Bei meinen Versuchen, welche ich anstellte, um mich von den von Faraday gegebenen Belegen zu seinem Satze zu überzeugen, bediente ich mich eines Bohnenberger'schen Elektrometers, dessen Pole einen Abstand von beiläufig 14 Par. Linien hatten; dennoch schraubte ich eine messingene Condensatorplatte von 27 Lin. Durchmesser daran, und befestigte die andere in einem belie-

1) Denselben Versuch habe auch ich vor längerer Zeit angestellt (vergl. Ann. Bd. XXXXIX S. 72), doch nicht mit ganz demselben Erfolg, worüber künftig mehr.

bigen senkrechten Abstände darüber an einem isolirenden Träger. Außerdem verfertigte ich mir eine Schellackplatte von  $6\frac{1}{2}$  Linien Dicke und eine Schwefelplatte von 7 Linien Dicke, beide von etwa 29 Linien Durchmesser; diese Platten befestigte ich an hinreichend langen Schwefelstielen. Wenn ich jetzt der oberen Messingscheibe eine schwache positive Ladung mitgetheilt und die untere ableitend berührt hatte, so bewegte ich die nichtleitende Platte in den die Messingstäbe trennenden Zwischenraum, und bemerkte, gerade wie es Faraday angiebt, daß unmittelbar mit dem Einschieben das Goldblättchen des Elektrometers freie positive Elektrizität anzeigte, so daß also jetzt auf der unteren Scheibe mehr negative gebunden war. Die sogleich nachher vorgenommene Prüfung der Schellack- oder Schwefelplatte wies mir auch aus, daß sie ganz frei von Elektrizität waren. Als ich indess diese Versuche häufiger wiederholte, beobachtete ich, daß ich das Goldblättchen in regelmäßige Schwingungen versetzen konnte, wenn ich in dem, die Condensatorscheiben trennenden Zwischenraum die nichtleitende Platte auf und nieder bewegte, und zwar ging das Blättchen nach dem negativen Pol zu, sobald die Platte nach unten, umgekehrt nach dem positiven zu, sobald sie nach oben geführt wurde. Brachte ich die Platte bis auf die untere Messingscheibe, so folgte ein stärkerer positiver Ausschlag. — Daß die Bewegung des Stiels oder der Hand an dieser schwingenden Bewegung keinen Theil hatte, ließ sich mit Leichtigkeit ermitteln; dagegen wurden die Platten bisweilen nach der Berührung der unteren Condensatorscheibe im negativ elektrischen Zustande befunden, und hatten dann positive Elektrizität mitgetheilt. Daß nun, wenn dies durchgehends der Fall gewesen wäre, die isolirende Platte eben so gewirkt hätte, wie eine wenigstens schwach leitende, ist ersichtlich, und dann fände der ganze Hergang sehr bald seine Erledigung. Denn nimmt man eine etwas

leitende Platte, etwa eine Pappschachtel, befestigt sie ebenfalls an einen nichtleitenden Stiel, und bringt sie in den Zwischenraum zwischen den Condensatorscheiben ein, so wird ebenfalls das Elektrometer beim Einschieben der Platte freie positive Elektricität anzeigen, und das Goldblättchen schwingt ebenfalls regelmässig bei der genannten Bewegung. Um also über diesen Punkt in Sicherheit zu kommen, goß ich eine ganz neue Schellackplatte von 7 Linien Dicke, befestigte sie an ihren Stiel und erwärmte sie noch einmal an ihrer Oberfläche; von jetzt aber vermied ich, sie irgendwie mit den Fingern zu berühren, sondern that es, wo es nöthig war, mit einem seidenen Tuche. Eben so schabte ich die Schwefelplatte, sie immer an ihrem Stiele haltend, vorsichtig mit Glas ab, und entfernte die dadurch erregte positive Elektricität, nachdem ich sie durch Berührung mit Stanniol fortzuschaffen vergeblich versucht hatte, durch leichtes Ueberfahren mit Seide, das im Gegensatz negative Elektricität hervorbrachte. Als ich hierauf mit diesen Platten, die nach meiner Meinung nichts zu wünschen übrig ließen, das vorige Experiment wiederholte, fand ich dieselben Schwingungen, auch denselben etwas stärkeren Ausschlag bei der Berührung der unteren Condensatorscheibe; dagegen waren jetzt auch nach dieser Berührung die nichtleitenden Platten ganz frei von aller Elektricität geblieben. Da ich hiernach über den Erfolg dieses Versuches auch bei guten nichtleitenden Platten nicht weiter in Zweifel seyn kann, so folgt aus ihm, bei Annahme des von Faraday aufgestellten Satzes, daß der polare Zustand in den Theilchen des Nichtleiters nicht augenblicklich wieder verschwindet, sondern, wenigstens zum Theil, durch eine Art Coërcitivkraft noch so lange erhalten wird, als die auf- und niedergehende Bewegung dauert; in diesem Zustande würde die einmal in einen gewissen intensiv polaren Zustand gesetzte Platte in einem geringeren Abstand von einem Leiter mehr der

ihren zugewandten Polen entgegengesetzten Electricität auf ihm binden und umgekehrt bei größerem Abstände wieder frei lassen. Ein ähnliches Resultat hat auch schon Faraday aus andern Versuchen, namentlich über den Rückstand bei der Ladung gefolgert. — Allein so oft ich den ganzen Hergang mit dem ihm ganz ähnlichen bei einer etwas leitenden Platte verglich, so oft konnte ich mir aus dem Vergleich den Schluss nicht versagen, daß auch hier bei der nichtleitenden Platte eben eine solche Vertheilung stattfinden möchte, die sich dann wieder mit der Annahme eines polaren Zustandes der Theilchen nicht vertragen könnte. Es läßt sich freilich nicht läugnen, daß bei der Voraussetzung einer auf der nichtleitenden Platte bewirkten Vertheilung es auffallen müßte, wie diese Vertheilung nicht noch hinterher bei der Prüfung wenigstens in etwas fortbestehen sollte; denn so oft ich auch selbst die Vertheilung auf Nichtleitern bei andern Versuchen wahrgenommen hatte, so beobachtete ich doch immer, daß sie dieselbe niemals sogleich wieder verloren. Doch hat man, wie ich glaube, auch noch einen andern Umstand in Betrachtung zu ziehen; die nichtleitende Platte trennt nämlich die Luft und bildet aus ihr rings um sich herum, wenn ich so sagen darf, einen begrenzten Luftkörper. Die Luft aber ist nach allen bisherigen Versuchen kein so schlechter Leiter auf ihrer Oberfläche (so trennt ja der Funke die Luft und geht an der gebildeten Oberfläche derselben entlang), als daß man nicht annehmen dürfte, der Luftkörper vertrete hier die Stelle eines mäßigen Leiters; es ziehe also die freie positive Electricität auf der oberen Condensatorscheibe die negative nach sich, und treibe die positive auf die untere Seite des Luftkörpers; dann folgt die Bewegung des Goldblättchens auf höchst einfache Weise, und zugleich erklärt sich auch der stärkere bindende Einfluß der nichtleitenden Platten, ohne daß man den von Faraday gegebenen Satz zu Hülfe nähme. — Ein Versuch

kann

kann nach meiner Ansicht die Sache entscheiden; bildet man sich nämlich aus einer dünnen nichtleitenden Substanz einen hohlen Körper, dem man die Form einer Platte giebt, und beobachtet, ob er ganz dieselbe Wirkung wie ein massiver hervorbringt, so ist bei erfolgloser Wirkung Faraday's Ansicht widerlegt, im entgegengesetzten Falle bestätigt; denn zwei selbst leitende Scheiben, in einer beliebigen Entfernung parallel zu einander an einem isolirenden Stiele befestigt, geben, wie ich mich überzeugt habe, keine Wirkung, eben so wenig kann sie der die Scheiben verbindende Rand für sich allein hervorbringen; die Verbindung des Randes mit den Scheiben aber giebt die Platte, um deren Wirkung es sich handelt. Um das Experiment selbst anzustellen, überzog ich ein Stück seidenen Zeuges auf beiden Seiten mit in Spiritus gelöstem Schellack viele Male nach einander, bis ich ein steifes Blatt bekam, dieß ließ ich lange in der Sonne trocknen, schnitt es darauf so zu, daß ich zwei Schachteldeckel erhielt, deren Rand ich mit Seide angenäht hatte; beide Deckel schob ich darauf wie eine Schachtel zusammen, ließ zur Vorsicht im Rande eine weitere Oeffnung, und überzog das Ganze noch einmal mit Schellack. Als alles wohl getrocknet war, brachte ich die Schachtel an einen isolirenden Stiel, wiederholte die Versuche, und erhielt gerade dieselben Wirkungen als von einer massiven nichtleitenden Platte. Nach diesem Versuche würde ich über den Hergang entscheiden, wenn ich ganz sicher seyn könnte, daß die Oberflächen meiner Schachtel, und zwar namentlich die innere, theils in der langen Zeit des Trocknens, theils bei der Verfertigung der Schachtel ganz rein und unversehrt geblieben wären; allein dieß möchte ich selbst nicht eher annehmen, als bis dieser Versuch durch Andere bestätigt ist, und so lange will ich lieber die Entscheidung aussetzen.



# VIII. „Phänomene der Calefaction“; con Hrn. Boutigny.

(Aus einem Bericht des Hrn. Robiquet über die der Pariser Académie unter obigem Titel eingesandten Abhandlung; *Compt. rend. T. X p. 397.*)

Allgemein bekannt ist die sonderbare Erscheinung, welche das Wasser beim Auströpfeln auf eine sehr heiße Metallfläche darbietet, und dennoch hat man noch keine recht genügende Erklärung von derselben; ja sie hat, bis in die neuesten Zeiten, nur die Aufmerksamkeit einer sehr geringen Zahl von Physikern auf sich gezogen. Eller scheint sich zuerst mit ihr beschäftigt zu haben; allein er begnügte sich, sie zu beobachten und zu beschreiben <sup>1</sup>). In einem Tractat, betitelt: *De aquae communis qualitatibus*, gedruckt zu Duisburg 1756, sagt Leidenfrost, er habe beobachtet, daß ein Tropfen Wasser, in einen weisroth glühenden eisernen Löffel gebracht, sehr lange Zeit zum Verdampfen gebrauche und dabei ein Kügelchen bilde, welches sich entweder drehe oder unbeweglich bleibe und durchsichtig sey wie ein Krystall. Im J. 1802 wurde dieser Versuch von Klaproth wiederholt <sup>2</sup>). Er machte ihn in Schälchen von Eisen, Platin und Silber, und fand, daß, beim Weisrothglühen, die Dauer der Verdampfung nicht gleich sey in diesen Metallen. Um die Ursache dieser Erscheinung zu ermitteln, überzog Rumford einen Silberlöffel inwendig mit Ruß, indem er ihn über eine Kerzenflamme hielt, und schüttete darauf einen Tropfen Wasser hinein, welcher sich in gewöhnlicher Temperatur zu einem Kügelchen abrundete, da er die be-

1) *Histoire de l'académie de Berlin* 1746, p. 2.

2) *Journ de Physiq.*, 1802, p. 62. (Gehlen's N. Journ. Bd. VII S. 646.)

roste Fläche nicht zu netzen vermochte. Darauf könnte er den Löffel so weit erhitzen, daß er den Stiel nicht mehr zu halten vermochte, ohne daß der Wassertropfen sich merklich erhitzte. Rumford glaubte hieraus schliessen zu dürfen, daß der Wassertropfen die Wärme reflectire und nicht in sein Inneres treten lasse. In einer i. J. 1825 vor der Academie gelesenen Abhandlung berichtet Hr. Pouillet <sup>1)</sup> viele Versuche, die er unternommen, um die bei chemischen Actionen sich entwickelnde Elektricität aufzufinden, und sagt dabei, daß es ihm gelungen sey, einen grossen weisroth glühenden Platintiegel bis zur Hälfte mit Wasser zu füllen und darin eine Viertelstunde zu erhalten, ohne daß es eine Bewegung oder merkliche Abnahme zeigte. Dagegen beobachtete er, daß Wasser, mit Dinte oder feinem Kohlenpulver versetzt, sehr rasch verdampfte, und schloß daraus, das Phänomen entspringe wahrscheinlich aus der Leichtigkeit, mit welcher die strahlende Wärme stark erhitzter Körper verschiedene Mittel durchdringe. Es könnte wohl seyn, setzt Hr. Pouillet hinzu, daß die von den weisroth glühenden Wänden des Tiegels ausgesandte Wärme durch das Wasser ginge, ohne absorhirt zu werden, und folglich ohne dasselbe so stark zu erhitzen als es weniger heisse Strahlen thun.

Seitdem hat Hr. Le Chevallier <sup>2)</sup>, wie Hr. Pouillet, gefunden, daß wenn man Wasser tropfenweise in einen weisroth glühenden Platintiegel fallen läßt, man diesen ganz damit füllen und das Wasser lange Zeit ohne beträchtliche Verdampfung darin erhalten kann, daß aber dasselbe, so wie der vom Feuer abgenommene Tiegel bis unter Braunrothhitze herabgesunken ist, plötzlich in volles Sieden geräth und sich rasch in Dämpfe verwandelt. Ueberdies hat Hr. Ch. gesehen, daß, wenn er Wasser in ein glühendes Metallgefäß schüttete, dasselbe

1) *Ann. de chim. et de phys.* T. XXXVI p. 5.

2) *Journ. de Pharmacie*, 1830, T. XVI p. 666.

durch einen Stöpsel von gleichem Metall genau verschloß und darauf nach einiger Zeit öffnete, alsdann die Spannung der Dämpfe keine Zunahme, folglich die Temperatur der Flüssigkeit keine Erhöhung zeigte, obwohl während der Zeit kein Dampf entwichen war.

Gleichergestalt hat Perkins bemerkt, daß wenn man in einem Dampf-Erzeuger eine kleine Oeffnung macht und nun denselben erhitzt, zwar anfangs ein geringes Ausströmen des Dampfes stattfindet, dasselbe aber bald aufhört, so wie das Gefäß die Rothgluth erreicht <sup>1)</sup>).

Im Jahr 1836 unternahm Hr. Baudrimont eine Reihe Versuche, um die Unrichtigkeit aller vor ihm aufgestellten Meinungen zu erweisen, und zu zeigen, daß alle von Hrn. Le Chevallier beobachteten Thatsachen mit der größten Leichtigkeit durch Verdampfung der Flüssigkeit erklärt werden könnten. Nach Hrn. B. muß der Dampf, wenn er rasch genug gebildet wird, die Flüssigkeit heben, und verhindern, daß sie das Gefäß benäst. Die Flüssigkeit könne sich alsdann nur durch Strahlung erwärmen, erzeuge aber fortwährend Dampf, welcher ihr die Berührungswärme entzieht. Daraus folge, daß die Flüssigkeit sich nicht weiter erhitzen und ganz unmöglich sieden könne, denn dazu sey erforderlich, daß die Flüssigkeit an der Wand des Gefäßes haften, damit der Dampf, indem er sich gegen dieselbe stütze, die Cohäsion der Flüssigkeit überwinden könne, eher als die Adhärenz derselben zum Gefäße <sup>2)</sup>).

1) S. Ann. Bd. XII S. 316, womit auch die Versuche von Buff (Ann. Bd. XXV S. 595) zu vergleichen sind. P.

2) Unter den von Baudrimont gefundenen Resultaten (*Ann. de chim. et de phys. T. LXI p. 319*) mögen hier noch folgende eine Stelle finden. Er suchte zunächst die Temperatur des im glühenden Platintiegel rotirenden Wassers zu bestimmen, indem er dasselbe in 5 Grm. kalten Wassers schüttete, und die Temperatur des Gemenges beobachtete oder eigentlich das eintretende Maximum, da die Temperatur schnell wiederum sank. Er bediente sich dabei der Formel

Hr. Laurent dagegen machte Versuche, die ihn zu noch anderen Schlüssen führten. Er fand zunächst,

$Mt = mT$ , worin  $m$  die Masse des heißen Wassers,  $M$  die Masse des Gemenges,  $t$  den Unterschied zwischen den Temperaturen des Gemenges und des kalten Wassers, und  $T$  die gesuchte Temperatur des heißen Wassers bezeichnet. Auf diese Weise fand er:

Hitze des Gefäßes.	Temperatur der 5 Grm. Wass.	Temperatur d. Gemenges	Masse d. heißen Wassers.	Temperatur $T$ .
Dunkelroth	12°,3	14°,3	0,29 Grm.	36°,48 C.
Roth	13,8	17,5	0,50 -	49,5 -
Weißroth	13	18,8	0,61 -	50,61 -

[ Diese Resultate können offenbar aus mehreren Ursachen auf keine Genauigkeit Anspruch machen; sie stimmen auch wenig mit dem eines früheren Versuchs von Döbereiner (Schweigg. Journ. Bd. XXIX S. 45), bei welchem durch allmähliges Eintröpfeln von Wasser in einen glühenden Platintiegel eine Kugel von solcher Größe gebildet wurde, daß ein Thermometer hineingesenkt werden konnte. Dasselbe schwankte dann zwischen 79 und 81° R. *P.* ]

Ferner fand B., daß die Verdampfung des Wassers mit den Graden der Glühhitze beschleunigt werde. 0,465 Grm. Wasser gebrauchten zur vollständigen Verdampfung, bei der niedrigsten Temperatur (welche das Phänomen erfordert und bei Tageslicht noch kein sichtbares Glühen bewirkt) 3' 7'', bei Dunkelrothgluth 2' 18'', bei Kirschrothgluth 1' 59'', bei Rothgluth 1' 39'', bei lebhafter Rothgluth 1' 22'', bei Weißrothgluth 1' 6''.

Dann glaubt er gefunden zu haben, daß die Verdampfungszeit nicht den Massen proportional sey. Er schließt dies aus folgenden Resultaten:

Substanzen.	Gewicht.	Verdampfungszeit.
Schwefelsäure	0,062 Grm.	0' 24"
	0,124	0 33
	0,186	0 40
	0,310	0 54
Holzgeist	0,340	0 49
	1,370	1 36
Alkohol	0,270	0 35
	2,280	1 47
Aether, wasserhaltig	0,450	0 27
	1,430	0 57
Terpenthinöl	0,490	0 25

dass ein Volum Wasser in einem benähten und erkalteten Tiegel fünf Mal schneller verdampfe als in einem rothglühenden.

Allgemein nahm man an, dass das Wasser bei diesen Versuchen die Wand des rothglühenden Tiegels nicht berühre, vielmehr von einer Dampfschicht getragen werde, und daraus schloss man, dass das Sieden desselben unmöglich sey. Hr. Laurent sagt, das Wasser berühre zwar den Tiegel nicht fortwährend, allein es tanze darauf gleich einer Billardkugel, die man auf eine horizontale Fläche fallen lässt. Der Wassertropfen ist, nach ihm, einer in jeden Augenblick sich ändernden Vibrationsbewegung unterworfen, und diese Bewegung wird erzeugt durch den Dampf, der sich unter dem Tropfen bildet, jedesmal wenn derselbe den Tiegel berührt, d. h. der durch den Dampf gehobene Wassertropfen sinke nieder, um wieder gehoben zu werden, und so fort.

Hr. Boutigny hält alle bisher gegebenen Erklärungen für unzulässig, aber dennoch stellt er keine neue

Er selbst bemerkt indess, dass die Umstände bei diesen Versuchen nicht immer dieselben waren, auch dass die Temperatur, bei welcher das Phänomen beginnt, desto niedriger liegt, je flüchtiger die angewandte Substanz ist. Brennbare Flüssigkeiten entzündeten sich gewöhnlich, und wenn dies der Fall ist, zeigen sie zwar das Phänomen noch unter der Flamme, verdampfen aber schneller als ohne Flamme. Eine Quantität Aether (gleich dem Volum von 0,465 Grm. Wasser), die zum Verdampfen ohne Flamme 0' 33" gebrauchte, erforderte in der Flamme nur 0' 15". Dabei ist indess zu bemerken, dass, um das Verdampfen ohne Entflammung geschehen zu lassen, die Temperatur niedriger gehalten werden musste, als im andern Fall.

Endlich fand B., dass die Erscheinung nicht blofs auf Metallen, sondern auch andern Substanzen, bei gehöriger Erhitzung derselben, vor sich gehe, was letzteres indess schon von Fischer beobachtet worden ist, so wie denn auch dieser die scharfen und eigenthümlichen Gerüche wahrgenommen hat, welche sich bei Anstellung des Leidenfrost'schen Versuchs mit Alkohol, Aether, Weinöl, Terpenthinöl und andern ätherischen Oelen entwickeln. (S. Annalen, Bd. XIX S. 514. Bd. XXI S. 163).

auf; allein er giebt seine Abhandlung nur als den Vorläufer einer langen Arbeit, die ihn fortdauernd beschäftigt und vermuthlich zu eigenthümlichen Ansichten führen wird. Hier sollen nur einige der in dem ersten Theile beschriebenen Hauptversuche erwähnt werden.

Man war allgemein der Ansicht, dafs das Wasser die Erscheinung, welcher Hr. B., nicht eben passend, den Namen *Calefaction* gegeben hat, nur in einer sehr hohen Temperatur zeigen könne, und dennoch zeigt sie sich recht deutlich in einem kleinen Tiegel von Blei, einem Metall, welches bei  $260^{\circ}$  C. schmilzt. Daraus mufs man mit Hrn. B. schliessen, dafs das Wasser sich etwas unterhalb dieses Punktes *caleficiren* könne; über diese Temperatur hinaus erzeugt sich aber die *Calefaction* (um des Verfassers Ausdruck beizubehalten) mit mehr oder weniger Intensität. Hr. B. äufsert die Meinung, diese Erscheinung könne wohl eine wichtige Rolle bei der Explosion von Dampfkesseln spielen, und beabsichtigt, dies näher zu untersuchen.

Der Verfasser hat diese Gattung von Versuchen sehr vermannigfalt, sie angestellt mit Alkohol in verschiedenem Grade der Concentration, Aether, Terpenthinöl, Citronenöl, Alkali und Salzlösungen, Säuren u. s. w. Schon Pouillet studirte diese Wirkungen eines instantanen Wärme-Einflusses bei wässrigen Lösungen von Baryt, Strontian, Kali und Natron, und gelangte zu dem recht merkwürdigen Resultat, dafs, während der ganzen Dauer des Versuchs, der sich verflüchtigende Körper gegen den zurückbleibenden im entgegengesetzten Elektricitätszustande befindlich sey.

Wir können hier nicht im Detail alle Versuche des Hrn. B. wiedergeben; allein wir erlauben uns einige anzuführen, die uns von grossem Interesse zu seyn scheinen.

Einer derselben ist mit Aether angestellt. Hr. B. hat gesehen, dafs diese Flüssigkeit, in einen fast rothglühenden Platintiegel geträpelt, sich so gut wie Was-

ser calificirt, d. h. ohne Zeichen von Sieden zu äußern sich abrundet, rasch rotirt und den Tiegel nicht zu benetzen scheint. Dennoch nimmt seine Masse beständig ab, wiewohl weit langsamer als wenn das Gefäß kalt wäre. Während dieser langsamen Verdampfung entwickelt sich ein sehr stechender Geruch, der nichts mit dem vom Aether gemein hat. Hr. B. leitete ihn anfangs von Ameisensäure her, glaubt aber jetzt, es sey Aldehyd, welches in der That einen sehr analogen Geruch besitzt. Wir haben gesucht in dieser Beziehung einige Gewissheit zu erlangen, indem wir den sonderbaren Versuch in einem verschlossenen Gefäße anstellten. Allein wir haben kein Resultat erhalten; das Destillat bestand nur aus etwas empyreumatisch gewordenem Aether. Der Verfasser glaubt, daß der Zutritt der Luft unumgänglich sey zur Erzeugung dieses stechenden Dampfs.

Arbeitend unter den von Hrn. B. angezeigten Umständen, haben wir eine recht interessante Bemerkung gemacht. Wir hielten in den Tiegel einen Streifen Lackmuspapier, um zu sehen, ob der Dampf sauer sey; dabei sahen wir, daß, während der hineingehaltene Theil seine Farbe unverändert behielt, der in der Ebene der Mündung befindliche roth wurde. Die Temperatur war also an dieser Stelle höher, und daraus ist zu schließen, daß dort eine langsame Verbrennung stattfindet, analog der, welche bei den schönen Döbereiner'schen Versuchen entsteht.

Ein anderer, noch merkwürdigerer Versuch des Hrn. Boutigny ist, der mit wasserfreier schwefliger Säure. Man weiß, daß diese Säure äußerst flüchtig ist, sich flüssig nur in verschlossenen Gefäßen aufbewahren läßt, und sogleich unter Sieden in den Gaszustand zurückkehrt, so wie man ihr den Austritt gestattet. Dessen ungeachtet hatte Hr. B. den glücklichen Gedanken, sie auf ihre Calefaction zu untersuchen, und er hat gesehen, daß sie, wenn man einige Tropfen derselben in ein fast roth-

glühendes Platinschälchen schüttet, gleiche Erscheinungen wie die anderen Flüssigkeiten darbietet. Anfangs läuft sie stark umher, dann rundet sie sich ab, steht still, opalescirt und scheint selbst zu krystallisiren. Faßt man das Schälchen mit einer Pincette und schüttet das kleine Sphäroid in die Hand, so bekommt man die Empfindung von Kälte. Hr. B. glaubte anfangs, daß die schweflige Säure, während dieser Art von Stabilität, die sie zeigt, Sauerstoff aus der Luft anziehe und in Schwefelsäure übergehe; allein da sich dieses nicht als richtig erwies, so setzte er darauf voraus, die schweflige Säure erfahre eine solche Erkältung, daß sie gestarre.

Indefs, da Hr. Bussy nur mittelst der außerordentlichen Kälte, welche schneeförmige Kohlensäure bei Benetzung mit Aether erzeugt, diese Gestarrung bewirken konnte, so scheint es mir unmöglich anzunehmen, daß eine solche Temperatur-Erniedrigung unter so ungünstigen Umständen stattfinden könne. Es bleibt indefs einleuchtend, daß eine Erkältung stattfand; aber was man vernünftigerweise annehmen kann, ist: daß die Verdunstung, obwohl geringer als unter den gewöhnlichen Umständen, noch so viel Kälte erzeuge, daß, nicht die schweflige Säure für sich, sondern ein aus dieser und der Feuchtigkeit der Luft gebildetes Hydrat gefriere. In der That, schüttet man das solide Kügelchen durch eine rasche Bewegung in eine Röhre und verschließt diese sogleich, so sieht man das Kügelchen verschwinden, aber nicht ohne Rückstand. Auf der Stelle, wo es lag, bemerkt man gleichsam einen Thau, der noch verweilt, selbst wenn man die Röhre öffnet. Mag übrigens diese Gestarrung die angezeigte oder irgend eine andere Ursache haben, so ist doch die Erscheinung nicht minder sonderbar und beachtenswerth.

*Zusatz.* In einer späteren Note bemerkt Hr. Bou-tigny, es habe Hr. Delattre, Professor der Mathematik am Collége zu Evreux, die Beobachtung gemacht,



dafs die Körper sich im Vacuo eben so wie in freier Luft in dem (wie er ihn nennt)<sup>1)</sup> sphaeröidalen Zustand erhalten. In Gemeinschaft mit Diesem die Angabe prüfend, fand er sie bei Wasser, Aether und wasserfreier schwefliger Säure vollkommen richtig. Er setzt noch hinzu, dafs die Erscheinungen der sogenannten Calefaction auch bei einer Temperatur vor sich gehen, welche die Oberfläche einer Schale Silber von 0,875 Feingehalt blind mache und oxydire. (*Compt. rend. T. XI p. 362.*)

IX. *Untersuchung der Bestandtheile des Bitterwassers von Saldschütz in Böhmen;*  
*von J. J. Berzelius.*

(Mitgetheilt vom Hrn. Verf. aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handling.* für 1839.)

**D**iefs Wasser, welches sich in gegrabenen Brunnen aus den benachbarten Erdschichten sammelt, und folglich nicht zur Klasse der lebendigen Quellen gehört, scheint seine Bestandtheile durch die Auslaugung jener Schichten mittelst des herabgedrungenen Meteorwassers zu erhalten. Diefs erbellt aus den Versuchen von Struve<sup>2)</sup>, welcher vor mir diefs Wasser analysirt und dabei gefunden hat, dafs es dieselben Bestandtheile in fast denselben Verhältnissen enthält, welche man aus der etwas tief heraufgeholtten Erde theils mit reinem, theils mit kohlesäurehaltigem Wasser ausziehen kann. Diese Erde

1) Hr. B. glaubt nämlich vier Aggregatzustände annehmen zu dürfen: den starren, den flüssigen, den gasigen und den sphäroidalen! Unter letzterem versteht er den, wo die Flüssigkeit in Form einer Perle auf einer heißen Metallfläche verweilt. P.

2) Poggendorff's Annalen, Bd. VII S. 350.

scheint ein Erzeugniß der Verwitterung vulkanischer Urgebirgsmassen zu seyn.

Struve fand in 1000 Th. dieses Wassers folgende Stoffe aufgelöst:

Schwefelsaures Kali	0,63724
Schwefelsaures Natron	3,05940
Schwefelsaure Strontianerde	0,00599
Schwefelsaure Kalkerde	0,19596
Schwefelsaure Talkerde	10,82528
Salpetersaure Talkerde	1,33810
Chlormagnesium	0,22742
Kohlensaure Kalkerde	0,08362
Kohlensaure Talkerde	0,14297
Eisenoxyd und Manganoxyd	0,00221
Basisch phosphorsaure Kalkerde	0,00208
Basisch phosphorsaure Thonerde	0,00156
Kieselerde	0,01562
	<hr/>
	16,55243.

Wie diese Analyse bewerkstelligt worden, findet sich nicht beschrieben.

Ich habe die Untersuchung dieses Wassers auf Veranlassung einer Aufforderung des Dr. Reufs in Binn vorgenommen, und mich derselben um so lieber unterzogen, als ich nie zuvor ein Wasser von dieser Zusammensetzung analysirt habe. Es wurde mir in großen, klaren, mit eingeriebenen Stöpseln verschlossenen Glasflaschen übersandt, deren jede etwa 1500 Grammen Wasser faßte. Ueberdies hatte der Dr. Reufs auf mein Begehren eine große Menge Wasser eintrocknen lassen, und ich erhielt somit mehrere Pfunde trocknen Salzes. Ich beabsichtigte, darin diejenigen Stoffe aufzusuchen, die möglicherweise im Wasser in zu geringer Menge enthalten seyen, als daß sie in der kleinen Menge Salz, die bei der Analyse durch Abdampfung des übersandten Wassers erhalten werden konnte, aufzufinden gewesen wären.

Das Wasser ist klar, bläsigelb, ohne Geruch und stark nach Bittersalz schmeckend. Sein spezifisches Gewicht  $\approx 1,01808$ . Auf der Innenseite der Flasche hatte sich, doch wahrscheinlich erst nach dem Ausgießen des Wassers, ein geringer Ueberzug gebildet, und auf dem Boden hatten sich ein Paar leichter und dunkler Flokken gesammelt.

Die Analyse dieses Wassers bietet dieselben Schwierigkeiten dar, wie die aller Chlormagnesium enthaltender Wässer, dass nämlich nach Abdunstung des Wassers die rückständige Salzmasse nicht ohne Verlust an Salzsäure getrocknet, und folglich der Gehalt an aufgelösten Stoffen auf diese Weise nicht mit voller Genauigkeit gefunden werden kann.

Versuche, das Gewicht des Rückstandes vom Wasser zu bestimmen.

1) 38,846 Grm. wurden in einem gewogenen Platiniegel, im Wasserbade, zur Trockne abgedunstet. Der Rückstand wog 1,0185 Grm. oder 2,9527 Procent vom Gewicht des Wassers.

2) Weiter erhitzt, bei  $+125^{\circ}$  C., so lange es noch etwas verlor, blieben 0,935 oder 2,40692 Proc. vom Gewicht des Wassers zurück. Dieser Rückstand kann als eine einigermaßen nahe Annäherung zum wahren Gehalt an aufgelösten Stoffen betrachtet werden.

3) Als die Salzmasse bis zum anfangenden Glühen erhitzt wurde, roch sie deutlich sauer, und der Rückstand wog nicht mehr als 0,701 Grm. Bei Wiederauflösung im Wasser blieb ein reichlicher Rückstand, und die filtrirte Salzlösung, abermals eingetrocknet, löste sich in Wasser wiederum mit Zurücklassung eines unlöslichen Rückstandes.

Daraus folgt also klar, dass keine quantitative Analyse der eingetrockneten Salzmasse einen richtigen Begriff von den relativen Mengen der im Wasser enthal-

tenen Salze geben kann. Es blieb also nur übrig, für bestimmte Wassermengen, die Menge eines jeden Bestandtheils einzeln festzustellen, nachdem ermittelt worden, welche Bestandtheile im Wasser enthalten seyen.

Versuche zur Bestimmung, was für Stoffe und wie viel davon im Wasser enthalten seyen.

Um zu solchen Zwecken bei den verschiedenen Versuchen immer genau gleiche Wassermengen anzuwenden, bediente ich mich einer Flasche mit eingeriebenem Stöpsel, füllte sie mit dem Wasser, so daß keine Luftblase an den Seiten zurückblieb, setzte den Stöpsel auf, so daß die Flasche gänzlich gefüllt ward, und trocknete dann das abgelaufene Wasser ab. Die als Maass gebrauchte Flasche faßte 632,661 Grm. reinen destillirten Wassers und 644,1035 Grm. Bitterwasser bei 18° C., woraus das specifische Gewicht berechnet ward. Werden, hierauf, nach Ausgießung des Wassers in ein anderes Gefäß, Stöpsel und Flasche mit destillirtem Wasser abgespült, gelangt man auf diese Weise zur vollen Genauigkeit.

*Schwefelsäure.* Eine Maassflasche vom Wasser, dem erst Salzsäure und sodann Chlorbarium zugesetzt worden, gab schwefelsauren Baryt, welcher, nach Auswaschen und Glühen, 22,045 Grm. wog, entsprechend 7,5774 Grm. oder 11,764 Tausendtel wasserfreier Schwefelsäure.

*Salpetersäure.* Im Wasser gegrabener Brunnen kann man allzeit die Gegenwart dieser Säure vermuthen. Als Reaction für deren Gegenwart bediente ich mich einer Portion des eingekochten Salzes, löste sie in Wasser, setzte Schwefelsäure hinzu und legte ein Stück blankes Kupfer hinein, welches dann, bei Erhitzung des Gemenges, Stickstoffoxydgas entwickelte und die Flüssigkeit grün färbte.

Der Versuch zur Bestimmung der Menge der Salpetersäure gab indess bei weitem kein so genügendes

Resultat als der, die Gegenwart derselben nachzuweisen. Da Salpetersäure mit Baryt ein in Wasser schwer- und in Alkohol unlösliches Salz liefert, so hatte ich mir vorgestellt, es würde, wenn man die Schwefelsäure durch einen Ueberschuß von Chlorbarium fällte und die filtrirte Flüssigkeit eintrocknete, wasserfreier Alkohol das Chlormagnesium ausziehen, und salpetersauren Baryt, nebst Chlorkalium, Chlornatrium und Chlorbarium, zurücklassen, die dann leicht durch Krystallisation zu trennen wären. Allein, was der Alkohol zurückliefs, enthielt keine Spur von Salpetersäure. Sie fand sich folglich als salpetersaure Talkerde gelöst im Wasser. Als eine Lösung von Chlorbarium in Alkohol von 0,84 hinzugesetzt wurde, entstand ein Niederschlag, aber dieser war hauptsächlich Chlorbarium, mit sehr wenig salpetersaurem Baryt. Nach Abdunstung der alkoholischen Lösung und Vermengung mit verdünnter Salzsäure löste sich Kupfer darin unter Entwicklung von Stickstoffoxydgas.

Ich versuchte nun, die Menge der Salpetersäure mittelst Lösen von Gold zu bestimmen, auf die Weise, daß ich das Wasser bis auf  $\frac{1}{5}$  seines Volums eindunstete, es dann in einen Kolben mit langem Halse that, mit Salzsäure vermischte und darauf Gold zusetzte, welches durch schwefelsaures Eisenoxydul gefällt, mit Salzsäure gewaschen und hierauf mit sammt dem Wasser getrocknet, aber nicht geglüht worden war. Als der Kolben gelinde erhitzt wurde, begann das Gold sich unter Entwicklung rother Dämpfe zu lösen, worauf die Digestion 10 Stunden lang fortgesetzt wurde, um sicher zu seyn, daß keine Salpetersäure unzersetzt zurückblieb. Die Lösung war tief gelb; sie wurde vom ungelösten Gold abfiltrirt und mit schwefelsaurem Eisenoxydul gefällt. Das erhaltene Gold, gewaschen und geglüht, wog 1,3575. Diese Menge Gold entspricht 0,3745 Grm. oder 0,5814 Theile Salpetersäure auf 1000 Th. Wasser. Aber dieß ist bloß ein Theil

der Salpetersäure, welche das Wasser enthält, denn außer dem Chlor, welches sich möglicherweise bilden kann, und fortgeht, ohne Gelegenheit zu haben, sich mit dem Gold zu vereinigen, enthält das Wasser einen organischen Stoff. Die Ursache zu dessen gelber Farbe, welche zugleich vernichtet wird, und alle Salpetersäure, welche dadurch zersetzt worden, wird vom Versuch nicht angegeben; und dieser zeigt höchstens, wie viel Salpetersäure das Wasser außer der enthält, die zur Zerstörung des organischen Stoffes aufgegangen ist.

Da es also zur directen Bestimmung der im Wasser enthaltenen Menge von Salpetersäure keine recht sichere Methode giebt, so bleibt nur übrig, die sonstigen elektronegativen Bestandtheile und die Basen quantitativ zu bestimmen, und anzunehmen, der Ueberschuss der letzteren, welcher von den übrigen Säuren nicht gesättigt werden könnte, habe ein salpetersaures Salz gebildet. Weiterhin werde ich diese Rechnung anführen; sie giebt genau vier Mal so viel Salpetersäure als im angeführten Versuch aus der Menge des aufgelösten Goldes hervorging. Allein auf das so berechnete Resultat haben nicht nur alle bei quantitativer Bestimmung der Säuren und Basen begangenen Fehler Einfluss (Fehler, welche, wenn sie auch bei jeder einzelnen Bestimmung nur sehr gering sind; doch, wenn sie in gleichem Sinne gehen, durch Addition eine bedeutende Unrichtigkeit in Bestimmung der Salpetersäure herbeiführen können), sondern, wenn im Wasser noch eine andere Säure enthalten wäre, die meiner Aufmerksamkeit entging, so fiel deren Aequivalent bei der Rechnung auf die Salpetersäure. Dieser Bestimmung geht also quantitative Zuverlässigkeit ab.

*Phosphorsäure.* Als das mit Chlorbarium ausgefällte Wasser filtrirt und in einer verkorkten Flasche mit ätzendem Ammoniak in geringem Ueberschuss versetzt wurde, entstand ein Niederschlag, welcher sehr wie

basische phosphorsaure Kalk- oder Thonerde aussah, aber gelb wurde. Dieser wurde auf's Filtrum gebracht, gebrannt, wieder in Salzsäure gelöst, mit Chlorammonium vermengt und mit ätzendem Ammoniak gefällt, um auf diese Weise die Talkerde in der Auflösung zurückzuhalten, welche ihm aus dem talkerdereichen Wasser mitgefolgt haben konnte. Nach dem Trocknen und Glühen wog er nun 0,004 Grm. Seine Farbe zog sich in's Braungelbe; vor dem Löthrohre konnte mittelst der gewöhnlichen Probe durch Borsäure und Eisen kein zuverlässiges Zeichen von Phosphorsäure entdeckt werden; dagegen zeigten Löthrohr-Reactionen mit andern Flüssigkeiten die Gegenwart von Eisen, Mangan, und, zu meiner großen Verwunderung, von Zinn.

200 Grm. Salz, getrocknet bei 100° C., hinterliessen bei Auflösung in Wasser einen bedeutenden Rückstand; dieser wurde in Salzsäure gelöst, die Flüssigkeit filtrirt, mit einer Salmiaklösung vermischt und schwach mit Ammoniak übersättigt. Es entstand ein ganz ähnlicher Niederschlag, der aber nun 0,054 Grm. wog, und zu einer ausführlichen Untersuchung Anlaß gab. Er wurde mit kohlensaurem Natron geschmolzen und sodann mit Wasser ausgezogen. In der Lösung fand sich weder Phosphorsäure noch Thonerde, sondern nur Kieselsäure, verbunden mit Natron. Was das Natron nicht gelöst hatte, gab bei einer Löthrohrprobe keine Spur von Phosphorsäure. Es wurde in Salzsäure gelöst und gelatinirt; abfiltrirt von der Kieselerde und in die Lösung ein Strom von Schwefelwasserstoff geleitet, entstand ein schmutziggelber Niederschlag, der vor dem Löthrohr sich kupferhaltig erwies und bei der Reductionsprobe große Zinnkügelchen gab. Die Gegenwart von Zinn und Kupfer in einer Salzmasse, die vermuthlich in einem verzinnnten Kupfergefäß zur Trockne eingekocht worden, kann an sich nicht in Verwunderung setzen; allein wir haben gesehen, daß der aus dem Wasser un-

mit-

mittelbar erhaltene Niederschlag ebenfalls einen Zinngehalt zeigte. Wir werden weiterhin darauf zurückkommen.

Die mit Schwefelwasserstoff gefällte Flüssigkeit zeigte einen Gehalt von Eisenoxydul, verunreinigt mit Manganoxydul.

Aus Vorstehendem folgt also, daß das Wasser weder phosphorsaure Talkerde, noch phosphorsaure Thonerde in einer auf diese Weise merkbaren Menge enthält, und dies giebt zu der Vermuthung Anlaß, daß das für phosphorsaure Kalk- und Thonerde Angesehene nichts war, als ein Gemenge von Eisenoxyd mit Zinnoxyd u. s. w.

*Quellsäure.* Die gelbe Farbe des Wassers deutet auf einen Gehalt an Quellsäure. Eine Maafsflasche des Wassers wurde, um die darin als doppelt-kohlensauer befindliche Talkerde zurückzuhalten, mit etwas Essigsäure vermischt und mit einer Lösung von neutralem essigsauren Kupferoxyd versetzt; die Flüssigkeit trübte sich schwach und ward gelbgrün. Einige Stunden in eine Wärme von  $50^{\circ}$  bis  $60^{\circ}$  C. gestellt, setzten sich grofse weifsgrüne Flocken von quellsaurem Kupferoxyd ab, welche, auf ein gewägtes Filtrum gebracht und bei  $100^{\circ}$  C. in einem Strome wasserfreier Luft getrocknet, 0,10 Grm. wogen. Schwefelwasserstoff schied Quellsäure daraus ab, doch etwas verunreinigt mit Schwefelsäure durch zugleich gefälltes basisch schwefelsaures Kupferoxyd. Die filtrirte Flüssigkeit trübte sich allmählig und setzte basisch schwefelsaures Kupferoxyd ab, doch nicht ganz frei von Quellsäure; alle Versuche aber, die Menge der letzteren zu bestimmen, schlugen fehl. Da eine mit äußerster Genauigkeit vollführte quantitative Bestimmung der Quellsäure mir nicht der damit verbundenen Arbeit und Schwierigkeit zu entsprechen schien, so nahm ich an, die Berechnung der Menge der Quellsäure aus dem gewogenen Kupferniederschlag gäbe eine für den Zweck dieser Analyse hinreichende Annäherung. Da nun, nach



meiner früheren Bestimmung, das Atomgewicht der Quellsäure = 1333,4 und das Kupfersalz 1 At. Krystallwasser enthält, so sind in diesem 0,0687 Grm. Quellsäure, was 0,1066 auf 1000 Th. Wasser macht.

*Kieselsäure.* Eine Maafsflasche des Wassers wurde auf dem Wasserbade eingetrocknet, das in Wasser Lösliche ausgezogen, das Unlösliche in Salzsäure gelöst, eingetrocknet und wieder in salzsäurehaltigem Wasser gelöst. Dabei blieben zurück 0,003 Grm. Kieselsäure, entsprechend 0,0047 Th. auf 1000.

*Chlor.* Zwei Maafsflaschen, also 1288,207 Grm., des Wassers wurden mit Salpetersäure versetzt, mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, und dann an einem dunkeln und warmen Ort zur Klärung hingestellt. Die Lösung war farblos und der Niederschlag in's Gelbe spielend. Das Klare wurde abgegossen und der Niederschlag mit Salpetersäure digerirt, bis er vollkommen weiss geworden; dann wurde die gelbe Salpetersäure zu der abgegossenen Flüssigkeit geschüttet, wodurch diese sich aber nicht trübte. Das Ganze wurde durch ein gewogenes Filtrum filtrirt, das Chlorsilber gewaschen und mit dem Filtrum in einem Strome wasserfreier Luft von 100° C. getrocknet. Es wog 1,048 Grm., entsprechend 0,25853 Grm. Chlor auf 1288,207 Grm. Wasser, oder 0,2007 Grm. auf 1000.

Diese Art, das Gewicht des Chlorsilbers zu bestimmen, scheint mir, wenn dessen Menge nicht einige Grammen übersteigt, sicherer als das Schmelzen; denn ein wenig von dem Papierfilz folgt immer dem Chlorsilber, bewirkt die Zersetzung eines geringen Theils desselben, und man erhält in dem Uebrigen einen unschmelzbaren Körper, welcher, wenn man die Hitze auch bis zu dessen Schmelzung verstärkt, eine Silberhaut über die Oberfläche des Chlorsilbers ausbreitet. Wenn dagegen das Filtrum sowohl vor der Wägung als nachher mit dem Chlorsilber in einem Strome wasserfreier Luft von 100° C.

getrocknet wird, so kann keine wägbare Menge Feuchtigkeit in der Masse zurückbleiben.

*Brom.* Es gehört nachgerade zu einer Art von Luxus bei Analysen von Mineralwässern, äußerst geringe Spuren von Brom und Jod darin aufzusuchen. Diese Bestandtheile äußern sehr kräftige Wirkungen auf die thierische Oeconomie, und deren Menge ist folglich nicht ohne große Bedeutung; allein da alles Kochsalz, selbst das unseren täglichen Speisen hinzugesetzte, ein Minimum davon enthält, so kann von einer kaum darstellbaren Spur dieser Körper in Mineralwässern noch weniger eine Wirkung erwartet werden, es sey denn in den gedankenlosen Träumereien der Homoeopathen. Da Brom und Jod die gewöhnlichen mineralogischen Begleiter des Kochsalzes sind, wie es z. B. mit Nickel in Bezug auf Kobalt der Fall ist, so läßt sich leicht voraussehen, daß jedes Mineralwasser, zu dessen Bildung Kochsalz eingeht, auch wenn dieses seine Bestandtheile gegen andere Salze auswechselt, wie es mit diesem Wasser der Fall ist, eine kleine entsprechende Menge Brom und Jod enthalten müsse. Eine medicinische Wirkung ist von ihrer Gegenwart nur dann zu erwarten, wenn, was in verschiedenen Heilwässern der Fall ist, ihre Menge die in jedem Kochsalz übersteigt.

Die Auffindung kleiner Mengen Brom ist eine äußerst schwierige Sache, obwohl es nicht so schwer hält, die Menge genau zu bestimmen, wenn sie etwas größer ist.

Zu den vorgeschlagenen Methoden gehört die: daß man die gemengte Chlor- und Bromverbindung in ein Bariumsalz verwandelt, und das Brombarium durch Alkohol von dem darin unlöslichen Chlorbarium auszieht. Ich habe diese geprüft, sie aber untauglich gefunden.

Ein Gemenge von Kochsalz mit etwas Bromnatrium wurde mit salpetersaurem Silberoxyd gefällt, der Niederschlag unter Wasser durch Schwefelwasserstoff zer-

setzt, das abfiltrirte saure Wasser mit kohlensaurem Baryt gesättigt, die Lösung, in einer Temperatur, die zuletzt das Krystallwasser verjagte, zur Trockne verdunstet, und der Rückstand mit Alkohol behandelt. Nach Abdestillation dieses blieb eine geringe Menge Salz, die, aufgelöst in Wasser, einen schneeweißen Niederschlag gab, worin nichts die Gegenwart von Bromsilber vermuthen liefs, das aber dennoch wirklich darin eingemengt war. Es zeigte sich nun, dafs Chlorbarium, obgleich wenig löslich in wasserfreiem Alkohol, doch nicht unlöslich darin ist, und dafs Brombarium, wiewohl etwas löslicher als Chlorbarium, sich doch ziemlich träge löst, so dafs, wenn ein Gemenge von beiden mit wasserfreiem Alkohol in hinreichender Menge behandelt wird, dieser, neben Brombarium, so viel Chlorbarium auflöst, dafs bei Fällung mit Silbersalz das Bromsilber ganz durch das Chlorsilber versteckt wird. Balard's Methode, das Brom durch Chlor und Aether aus einer Auflösung ausziehen, glückte mit dem Saidschützer Wasser auf keine Weise.

Ich benutzte nun Serullas's Methode das Brom durch Chlor auszujagen. 117 Grm. trocknen Salzes vom Saidschützer Wasser wurden in Wasser gelöst, von dem Gyps und der kohlensauren Talkerde abfiltrirt, und in eine tubulirte Retorte gethan; diese hatte eine tubulirte Vorlage, die eine Lösung von Kalihydrat enthielt, und von deren Tubulus führte eine Röhre in verdünnte Kalilauge. Durch den Tubulus der Retorte wurde nun Chlorgas in das Wasser geleitet, bis zu dessen voller Sättigung, und dann das Wasser eine halbe Stunde gekocht. Die Kalilösung in der Vorlage und der Flasche hatte nun das Chlor nebst dem möglicherweise eingemengten Brom aufgenommen, und letzteres mußte sich als bromsaures Kali in der Flüssigkeit befinden. Die Flüssigkeit wurde so genau wie möglich mit Salpetersäure gesättigt und mit neutralem salpetersaurem Silberoxyd ge-

fällt; dabei fielen Chlorsilber und bromsaures Silberoxyd nieder, während chlorsaures Silberoxyd in der Flüssigkeit gelöst blieb. Der Niederschlag wurde wohl gewaschen. Die durchgegangene Flüssigkeit nebst dem Waschwasser, welche leicht eine geringe Spur von bromsauren Silber mitgeführt haben konnten, wurden zur Trockne verdunstet, wobei das chlorigsaure Silberoxyd sich allmählig in Chlorsilber verwandelte.

Das gefällte Chlorsilber, welches auf dem Filtrum geblieben war, wurde 24 Stunden lang im dunkeln Raum mit Barytwasser digerirt, wobei das Chlorsilber, wie gewöhnlich, roth wurde.

Darauf wurde aus dem Rückstande von der Verdunstung der Kaliflüssigkeit das überschüssige salpetersaure Silberoxyd und salpetersaure Kali ausgewaschen, und das ungelöste Silbersalz mit dem vom Chlorsilber abfiltrirten Barytwasser behandelt, welches sodann, zugleich mit dem Waschwasser, concentrirt, mit Kohlensäure gesättigt, aufgeköcht, filtrirt und zur Trockne abgedunstet wurde; es hinterließ einen geringen Rückstand, welcher bis zum Glühen erhitzt wurde, um ihn in Brombarium zu verwandeln. Der größte Theil dieses Rückstands war unlöslich in Wasser, und bestand aus kohlensaurem Baryt, welchen das Wasser gelöst enthielt. Das Aufgelöste gab einen ganz geringen Niederschlag mit salpetersaurem Silberoxyd, aber dieser Niederschlag, wenn er auch nicht rein weiß genannt werden konnte, war keineswegs gelb wie Bromsilber. Er wurde gewaschen, darauf in einer zugepfropften Flasche mit Chlorwasser geschüttelt und nun mit etwas Aether übergossen. Nach dem Umschütteln schwamm dieser mit dunkelgelber Farbe oben auf, verlor aber diese Farbe nach ein Paar Stunden. Dies beweist also, daß eine unbestimmbar geringe Spur von Brom in diesem Wasser befindlich ist.

*Jod.* Lassaigne hat uns neuerlich zur Abscheidung des Jods, auch der geringsten Spur desselben, eine

**Methode** kennen gelehrt, die sicher der Abscheidung des Chlors mittelst Silbersalze vergleichbar ist. Sie besteht in der Fällung des Jods mittelst Palladium. Das Said-schützer Wasser wurde erst mit etwas Salpetersäure und dann mit Chlorpalladium-Kalium versetzt; es färbte sich dadurch dunkel gelbroth, gab aber nach mehrtägiger gelinder Digestion keine Spur von Trübung.

120 Grm. des im Wasserbade getrockneten Said-schützer Salzes, nahe 4000 Grm. Wasser entsprechend, wurden in Wasser aufgelöst, erst mit etwas Salzsäure und dann mit dem Palladiumsalz versetzt; dadurch färbte sich die Lösung tief braun, und nach sechsständiger Digestion hatten sich, während die Lösung bedeutend lichter ward, schwarzbraune Flocken abgesetzt. Sie wurde, nach dem Erkalten, durch ein gewogenes Filtrum filtrirt, ging gelb durch, und liefs auf dem Filtrum einen schwarzen Stoff zurück, welcher, bei  $100^{\circ}$  C. in einem Strome wasserfreier Luft getrocknet, 0,027 Grm. wog. Die Erkennung des Jodpalladiums ist leicht. Man braucht es nur vom Filtrum abzunehmen und in einer zugeblasenen Glasröhre zu glühen; dabei wird das Palladium reducirt und das Jod, erkennbar an der Farbe seines Gases, sublimirt. Allein dieser Niederschlag safs auf dem Papiere fest, wie eine aufgetragene Farbe. Als man indefs das Papier am Rande verglimmen liefs, zeigten sich deutlich Geruch und Farbe des Jodgases, obwohl versteckt durch den Rauch des Papiers. Der Niederschlag war also Jodpalladium, entsprechend 0,019 Jod, was 0,00475 auf Tausend oder nicht ganz 5 Milliontel vom Gewicht des Wassers ausmacht.

**Fluor.** Als eine gröfsere Menge des getrockneten Salzes im Platingefäfs mit concentrirter Schwefelsäure übergossen wurde, entwickelte sich Kohlensäure, nebst einem Gemenge von Chlor und salpetriger Säure; bedeckte man nun das Gemenge mit einer Glasscheibe und digerirte auf der Sandkapelle, so zeigte sich an dem auf

dem Gefäß liegenden Theil eine schwache, aber sehr bestimmte Spur von Anfressung des Glases. Das Wasser enthält also eine geringe Spur von diesem Salzbildner; allein dessen Menge habe ich nicht zu bestimmen versucht.

*Kali und Natron.* Eine Maafsflasche vom Wasser wurde zuerst mit neutralem und sodann mit basisch essigsaurem Bleioxyd gefällt, der Niederschlag abfiltrirt und gut gewaschen, das Durchgegangene durch Schwefelwasserstoff vom Blei befreit, das Schwefelblei abgeschieden und gewaschen, die Lösung nebst dem Waschwasser im Platintiegel zur Trockne verdunstet, der Rückstand zur Zerstörung sowohl der Essigsäure und der Salpetersäure als auch der in Wasser trüglösliehen Verbindung von kohlensaurem Natron und kohlensaurer Talkerde geglüht, die Masse vollständig mit Wasser ausgelaugt, das Durchgegangene mit Salzsäure übersättigt und zur Trockne abgeraucht, und darauf das eingemengte Chlormagnesium von beim Waschen ausgezogener Talkerde, die nicht absolut unlöslich in Wasser ist, mit wasserfreiem Alkohol ausgezogen. Das zurückgebliebene Salz wurde, ohne aus dem Gefäß genommen zu werden, bis  $160^{\circ}$  C. erhitzt. Es wog 3,5275, liefs aber bei Auflösung in Wasser 0,0045 Grm. Talkerde ungelöst, so dafs das Gewicht des aufgelösten Salzes 3,523 Grm. betrug. Behandelt nach den gewöhnlichen Vorschriften mit hinreichender Menge Platinchlorid und eingetrocknet, hinterliefs es 0,961 Grm. in Alkohol unlöslichen Chlorplatinkaliums, entsprechend 0,2937 Grm. Chlorkalium, nach dessen Abzug für Chlornatrium 3,2293 Grm. übrig bleiben.

0,2937 Grm. Chlorkalium entsprechen 0,1858 Grm. Kali oder 0,28844 auf tausend.

3,2293 Grm. Chlornatrium entsprechen 1,7208 Grm. Natron oder 2,6717 auf tausend.

*Lithion.* Das Platindoppelsalz wurde eingetrocknet, und, zur Reduction des Platins, in einem Strom von

Wasserstoffgas geglüht, dann in Wasser gelöst, mit phosphorsaurem Natron gemengt und stark eingetrocknet. Nach Wiederauflösung in Wasser blieb nur eine unwägbare Spur ungelöst, und diese röthete sich mit Kobaltsalz vor dem Löthrohr, zum Beweis, daß sie von einer Spur nicht abgeschiedener Talkerde herrührte.

Der wasserfreie Alkohol, mit dem die alkalischen Chlortüre ausgezogen worden, wurde eingetrocknet, der Rückstand wieder aufgelöst in Wasser, mit kohlensaurem Natron durch langes Kochen zerlegt, und darauf die Lösung der angeführten Probe mit phosphorsaurem Natron unterworfen. Dabei blieb ein etwas größerer Rückstand, welcher sich vor dem Löthrohr aber ebenfalls als phosphorsaure Talkerde verhielt, so daß, wenn Lithion im Wasser enthalten seyn sollte, es doch in so geringer Menge wäre, daß es nicht auf diese Weise dargestellt werden konnte.

*Ammoniak.* Mengt man das eingetrocknete Salz des Saiduaters Wassers mit viel ätzenden Kalis, so daß alle Talkerdesalze zersetzt werden, so verspürt man dennoch keinen Ammoniakgeruch; nähert man aber einen in Salpetersäure getauchten Glaspfropfen, so zeigt sich ein deutlicher Rauch von Ammoniakdämpfen. Eine Maassflasche des Wassers wurde mit überschüssigem Kalihydrat destillirt und das Uebergehende in einer Vorlage aufgefangen, die etwas Salzsäure enthielt. Nachdem  $\frac{1}{10}$  des Wassers abdestillirt worden, wurde das Destillat im Wasserbade eingedunstet; es hinterließ einen geringen Rückstand, welcher jedoch deutlich Chlorkalium enthielt. Es wurde mit Platinchlorid gemengt, auf's Neue eingetrocknet und mit Alkohol ausgezogen; dieser hinterließ etwas gelben körnigen Salzes. Als dieses darauf bis zu der Temperatur erhitzt wurde, in der sich der Platinsalmiak zersetzt, das Kaliumsalz aber unverändert bleibt, wurde das erstere zerlegt und das letztere konnte mit Wasser ausgewaschen werden. Dabei blieben 0,0085

Grm. metallischen Platins zum Beweise einer äußerst geringen Spur eines Ammoniaksalzes in diesem Wasser.

*Kalkerde.* Eine Maafsflasche des Wassers wurde, bis zur Sättigung der kohlensauren Talkerde, mit Salzsäure versetzt, und, um die Fällung der Talkerde zu verhüten, mit einer Lösung von Salmiak vermengt, dann mit ätzendem Ammoniak schwach oder kaum merkbar alkalisch gemacht und nun oxalsaures Ammoniak hinzugesetzt, so lange ein Niederschlag entstand; der oxalsaure Kalk wurde abgeschieden, gebrannt und in schwefelsauren Kalk verwandelt. Geglüht wog dieser 0,8611 Grm., woraus aber eine gesättigte wässrige Lösung von schwefelsaurem Kalk 0,016 Grm. schwefelsaurer Talkerde auszog, mit Hinterlassung von 0,8451 Grm. reinen schwefelsauren Kalks, welcher 0,351 Grm. Kalkerde enthält, entsprechend 0,545 auf tausend.

Strontianerde in einem so geringen Gehalt an Kalkerde nachzusuchen, besonders in einem an schwefelsauren Salzen so reichen Wasser, hielt ich für eine verlorne Mühe.

*Talkerde.* Die vom oxalsauren Kalk abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Kali in Ueberschuss vermengt, auf dem Wasserbade im Platingefäß eingetrocknet, und dann auf der Sandkapelle stärker erhitzt. Nun mit Wasser behandelt, wurde dieses alkalisch, zum Beweise, daß auch der zugesetzte Salmiak zersetzt worden. Die Talkerde wurde auf ein Filtrum gebracht und mit siedendem Wasser gewaschen, so lange dieses noch eine Spur von einem schwefelsauren Salz auszog; dann geglüht, wog sie 3,205 Grm. Die durchgegangene Lösung und das reichliche Waschwasser wurde wieder zur Trockne abgedunstet und gelinde erhitzt. Dann wurde das Salz in Wasser gelöst, wobei die Talkerde zurückblieb, die beim Waschen aufgelöst worden und die nun wegen ihres geringen Volums, ohne bemerkenswerthen Verlust ausgewaschen werden konnte. Zusammen mit der aus



dem Gypswasser erhaltenen (siehe *Kalkerde*) wog sie, gegläht, 0,075 Grm., so daß der ganze Talkerdegehalt, nach Abzug der zuvor gefundenen 0,003 Grm. Kiesel-erde, 3,2824 Grm. betrug, oder 5,0961 Grm. auf 1000.

*Thonerde.* Daß diese Erde nicht in dem Wasser entdeckt werden könne, ist schon bei der Phosphorsäure angeführt. Eine andere Erde nachzusuchen habe ich keine Veraplassung gehabt.

*Metalloxyde.* In dem Vorbergehenden habe ich gesagt, daß das Wasser Spuren von Eisen, Mangan, Zinn und Kupfer im oxydirten Zustand enthalte. Eine Maafsflasche des Wassers wurde mit Schwefelwasserstoff gesättigt. Es zeigte sich kein eigentlicher Niederschlag, das Wasser hatte nur eine helle Opalescenz, welche auf Zusatz von Ammoniak ganz verschwand, worauf die Flasche zugestopft wurde. Der Zweck des Zusatzes von Ammoniak war, zu sehen, ob das Wasser eine Spur von Zinkoxyd enthalten, welches ich früher als schwefelsaures Salz im Ronnebyer Heilwasser gefunden habe. Zufällige Hindernisse unterbrachen die angefangenen Versuche drei Monate lang. Nach Ablauf dieser Zeit war der Inhalt der Flasche klar, ohne daß sich etwas abgesetzt hatte. Zink ist also nicht in diesem Wasser.

Als eine Maafsflasche vom Wasser, vor der Hineinleitung des Schwefelwasserstoffgases, mit Salzsäure angesäuert wurde, trübte sich das Wasser bei der Einströmung des Gases und gab ein schmutziggelbes Gerinsel. Nachdem nun die Flasche, verschlossen, 24 Stunden lang in gelinder Wärme gestanden, hatte sich ein schmutziggelber Niederschlag abgesetzt, der, auf's Filtrum gebracht, gut gewaschen und gebrannt, 0,0025 Grm. wog, oder 0,004 auf tausend.

Vor dem Löthrohr gab er eine starke Reaction auf Kupfer, und, mit kohlensaurem Natron und etwas Borax reducirt, ein Zinnkorn. Zum Gegenversuch wurde in eine Portion von der zum Versuch gebrauchten Säure Schwefel-

Wasserstoff geleitet; es entstand indeß nur eine kaum merkbare, weisse Opalescenz, die, nachdem sie sich abgesetzt hatte, ohne Rückstand verflüchtigt werden konnte, und reiner Schwefel war.

Dafs das Wasser vor dem Zusatz von freier Säure nicht durch Schwefelwasserstoff gefällt wurde, rührt daher, dafs zinngeschwefeltes Schwefelmagnesium entsteht und aufgelöst bleibt.

Wenn die Angabe richtig ist, dafs sich dieses Wasser in Erdschichten sammelt, die aus verwitterten vulkanischen Gesteinen entstehen, so dürfte die Gegenwart des Zinns in dem talksalzhaltigen Wasser erklärbar seyn; denn der Olivin ist ein Talkerdesilicat, welches eine Spur von kupferhaltigem Zinn enthält. Als dieses seine Talkerde an eine schwefelsäurehaltige Flüssigkeit überliefs, löste sich zugleich die Verbindung des Zinnoxys mit der Talkerde in der Flüssigkeit.

#### Der Bodensatz in den Flaschen.

Drei Flaschen, die zusammen 4500 oder genauer 4494 Grm. Wasser enthielten, wurden wohl mit destillirtem Wasser ausgespült und dieses sodann filtrirt, so dafs, was sich abgelöst hatte, auf dem Filtrum zurückbleiben mußte. Dann wurde das Rückständige in Salzsäure gelöst, und diese durch dasselbe Filtrum filtrirt. Die Lösung wurde im Wasserbade zur Trockne verdunstet, der Rückstand in salzsäurehaltigem Wasser gelöst und wiederum durch das nämliche Filtrum filtrirt; dieß enthielt nun die Kieselerde des Bodensatzes, welche, geglüht, 0,007 wog. Aus der mit Salmiak versetzten Flüssigkeit fällte Ammoniak ein weifsgelbes Oxyd, welches beim Trocknen braun und beim Glühen schwarz wurde. Es wog 0,003 Grm. Vor dem Löthrohr mit kohlensaurem Natron wurde es grün und aus diesem auf Kohle reducirt, hinterliefs es reichlich Metallflitterchen, von denen ein Theil, welcher Eisen war, mit der Spitze eines

magnetisirten Federmessers fortgenommen werden konnte, und ein anderer Theil, welcher Zinn war, nicht im Mindesten dem Magneten folgte.

Aus der mit Ammoniak gefällten Flüssigkeit wurden erhalten, mit oxalsaurem Ammoniak: 0,003 Grm. manganhaltigen kohlensauren Kalks, und sodann mit kohlen-saurem Kali: 0,017 Grm. Talkerde. Der Bodensatz von 4500 Grm. Wasser betrug folglich im geglühten Zustand 0,03 Grm., oder 0,0066 auf tausend. Diese sind in die folgende Berechnung aufgenommen.

Bestandtheile des Wassers.

Nach dem nun Angeführten enthalten 1000 Theile Wasser:

Säuren:	Schwefelsäure	11,7640
	Salpetersäure	2,3725
	Quellsäure	0,1066
	Kieselsäure	0,0047
Salzbildner:	Chlor	0,2007
	Brom, Fluor, eine Spur	
	Jod	0,0048
Salzbasen:	Kali	0,2884
	Natron	2,6717
	Ammoniak, eine Spur	
	Kalkerde	0,5450
	Talkerde	5,0961
	Eisen und Manganoxyd	0,0025
	Zinnoxid	0,0040
		<hr/> 23,0508.

Der Unterschied zwischen 24,069 und der eben angeführten Zahl beträgt 1,919, und besteht in Kohlensäure, verbunden mit Talkerde und Wasser, zurückgehalten von Chlormagnesium und salpetersaurer Talkerde.

Unter den angeführten Bestandtheilen fehlt nun noch einer, nämlich die Kohlensäure. In dem Zustand, in

welchem ich das Wasser bekam, enthielt es davon nicht mehr als zur Lösung der Talkerde in Wasser, in Form von Bicarbonat, erforderlich war, weil ein Mehr die Ablagerung der Kalk- und Talkerde auf die Innenseite des Glases verhindert haben würde.

Um zu bestimmen, wieviel kohlensaure Talkerde das Wasser enthalte, wurde das gewöhnliche Maass davon im Wasserbade zur Trockne verdunstet, das Salz mit Wasser ausgezogen, die Lösung abfiltrirt, und das Ungelöste gewaschen, bis nur Gyps und kohlensaure Talkerde zurückblieben. Die vollständige Auswaschung des Gypses würde eine zu grosse Verminderung der Talkerde verursacht haben. Der gewaschene Rückstand wog gegläht 0,267. Er wurde in Salzsäure gelöst und eingetrocknet, und dann mit salpetersäurehaltigem Wasser übergossen; diese hinterliess 0,003 Grm. Kieselerde. Die Lösung wurde mit Chlorbarium gefällt, was 0,105 Grm. schwefelsauren Baryt gab, entsprechend 0,062 Gyps. Die Talkerde betrug also 0,202, entsprechend 0,41814 wasserfreier kohlensaurer Talkerde, was 0,64918 auf 1000 ausmacht und 0,33557 Kohlensäure entspricht, in der das neutrale Salz aufgelöst war.

Die oben angeführten Resultate sind rein empirisch, und zeigen nicht, was für Salze das Wasser aufgelöst enthält. Aus theoretischem Gesichtspunkt ist es leicht zu bestimmen, dass das Wasser enthalten müsse Verbindungen von Schwefelsäure und Salpetersäure mit allen Basen, und von Chlor mit aller Basen Radicalen; allein die relativen Mengen lassen sich nicht berechnen, weil es dazu an Grundlagen fehlt. Die relative Theilung beruht nämlich theils auf den relativen Verwandtschaftsgraden, theils auf den relativen Mengen der Stoffe. Von diesen beiden Elementen ist das erstere das hauptsächlichste; allein es ist nicht mit solcher Sicherheit bekannt, dass darnach eine nur einigermaßen zuverlässige Annäherung in Zahlen könnte gegeben werden. Es bleibt

also nur übrig, die Rechnung nach dem Satz zu führen, daß die stärkeren Säuren sich zuerst mit den stärkeren Basen sättigen und sodann die schwächste Base, die hier zugleich die reichlichste ist, unter einander theilen, ein Resultat, welches sich auch beim Einkochen oder bei Abscheidung der Salze durch Krystallisation einstellt. Aus diesem Gesichtspunkt lassen sich in 1000 Th. Wasser folgende Salze annehmen:

Schwefelsaures Kali	0,5334
Schwefelsaures Natron	0,0940
Schwefelsaure Talkerde	1,3122
Schwefelsaure Talkerde	10,9592
Salpetersaure Talkerde	3,2778
Chlormagnesium	0,2825
Quellsaure Talkerde	0,1389
Kohlensaure Talkerde	0,6492
Kieselsäure	0,0047
Brom, Jod, Fluor, Ammoniak und Metalloxyde	Spur
	<hr/> 23,6553

Hierin findet sich eine minder sichere Zahl, nämlich die Menge der salpetersauren Talkerde. Die Berechnung ist auf folgende Weise angestellt. Nachdem das Kali, das Natron und die Talkerde als ganz und gar durch Schwefelsäure gesättigt, angesehen worden, wurde von der im Wasser gefundenen Talkerde abgerechnet:

zur Bildung von schwefelsaurer Talkerde	3,7278
- - - Chlormagnesium	0,1171
- - - quellsaurer Talkerde	0,0323
- - - kohlensaurer Talkerde	0,3136
	<hr/> 4,1908.

Der gesammte Talkerdegehalt betrug 5,0961; es bleiben also 0,9053 Talkerde, die mit Salpetersäure gesättigt waren und 3,2778 wasserfreier salpetersaurer Talkerde bildeten. Diefs ist, nach dem zuvor Angeführten,

beinahe genau das Vierfache der Quantität, welche sich durch Berechnung aus dem aufgelösten Gold ergibt, aber aus unbestreitbaren Ursachen zu niedrig ist.

Aus dem Vergleich der Struve'schen Analyse dieses Wassers mit der oben angeführten geht hervor, — abgesehen von den Verschiedenheiten, die auf Verschiedenheit der Berechnungsweisen, z. B. auf Annahme eines Gehalts von kohlensäurer Talkerde in einer Auflösung von schwefelsaurer Talkerde, beruhen, oder von seiner Aufmerksamkeit entgangenen Bestandtheilen herühren, — daß das Wasser nicht immer gleich ist, sowohl an Concentration als an relativen Quantitäten der Bestandtheile. Das von Struve analysirte Wasser enthielt nur 16,5 Tausendstel feste Bestandtheile, das von mir untersuchte dagegen 23 $\frac{2}{3}$ , eine höchst bedeutende Verschiedenheit, die indess eine Folge der verschiedenen Trockenheit der Jahre seyn kann. Nach langer trockner Witterung hat das Wasser einen bestimmten Concentrationsgrad, nach langem regnigtem Wetter fließt binnen Kurzem viel Wasser hinzu, welches lange Zeit gebraucht, um die Bestandtheile der Erdschicht aufzulösen, wenn anders das Wasser auf die durch Struve's Versuche wahrscheinlich gemachte Weise mit seinen Bestandtheilen versehen wird. Allein es zeigt sich zugleich eine andere Verschiedenheit. Struve und ich fanden gleichviel schwefelsaure Talkerde auf 1000 Th. Wasser, aber Struve fand nur halb so viel schwefelsaures Natron wie ich. Jedenfalls scheint es mir von nöthen zu seyn, das specifische Gewicht dieses Wassers oft zu untersuchen. Die Wirksamkeit desselben variirt mit dem specifischen Gewicht, und so könnte man vermeiden, daß es zum Verkauf in Zeiten geschöpft würde, da es, nach langem Regenwetter, nicht hinreichend gesättigt wäre.

---

## X. *Chemische Untersuchung des Fayalits;* *von C. G. Gmelin.*

(Aus einer vom Hrn. Verf. mitgetheilten Dissertation.)

**D**er Verf. erhielt dieß Mineral vom Prof. Hochstetter in Eßlingen, dessen Sohn es von einer, i. J. 1838 nach der azorischen Insel Fayal unternommenen Reise mitgebracht hatte. Es findet sich daselbst am Meeresstrande, unter Trachytgetrümmer, in der Nähe hoher Trachytfelsen.

Der bloße Anblick zeigt, daß dieß Mineral sich im geschmolzenen Zustande befunden haben müsse; denn es ist an einigen Stellen voller Blasen, und sieht da und dort wie geflossen aus, während es an anderen Stellen ein krystallinisch-blättriges Gefüge und gar keine Blasen zeigt. Seine Hauptfarbe ist ein grünliches Eisen-schwarz, an einigen Stellen ist es indess tombackbraun, an anderen messinggelb angelauten. Es ist weniger hart als Quarz und giebt mit dem Stahl sparsam Funken. Wird vom Magnet stark angezogen. Sein specifisches Gewicht, verglichen mit dem des Wassers bei  $+10^{\circ}$  R., ist  $=4,138$ , also bedeutend geringer als das des Eisenglanzes.

Vor dem Löthrohr schmilzt es sehr leicht und ruhig, ohne Blasenwerfen, unter Entwicklung eines Geruchs nach schwefliger Säure, zu einer metallisch glänzenden Kugel. In einer Glasröhre erhitzt, entwickelt es kein Wasser, aber Spuren von Schwefel. Mit Borax und Phosphorsalz schmilzt es leicht zu einer Perle, in welcher sich, zumal mittelst Zinn, ein Kupfergehalt leicht nachweisen läßt.

Von Säuren, namentlich von rauchender Salzsäure, wird es schon in der Kälte zersetzt und in eine Gallerte ver-

verwandelt. Allein die Zersetzung ist nie vollständig. Selbst wenn Vitriolöl über dem fein geschlämmten Mineral in einer Platinschale wiederholt eingekocht wird, findet sich die ausgeschiedene Kieselerde noch sehr unrein. Daraus erhellt, daß dieses Mineral als ein inniges Gemenge zweier verschiedenen Mineralien betrachtet werden muß, von denen das eine schon in der Kälte, unter Abscheidung seiner Kieselerde als Gallerte, zersetzt wird, das andere aber nicht.

Demgemäfs behandelte man 3,435 Grm. höchst fein geschlämmtes und scharf getrocknetes Steinpulver kalt mit rauchender Salzsäure (wobei sich ein schwacher Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelte), verdünnte die Masse, nach der Zersetzung, mit Wasser, brachte sie auf ein Filtrum, und zog aus dem Rückstande die Kieselerdegallerte durch Kochen mit kohlensaurem Kali aus. Auf diese Weise schied man die 3,435 Grm. in 2,889 Grm., welche aufgeschlossen wurden, und in 0,487 Grm., welche unzersetzt blieben.

Der aufgeschlossene Theil gab bei weiterer Zerlegung:

	auf 2,889 Grm.	auf 100 Th.
Kieselerde	0,720	24,93
Eisenoxydul	1,967	68,09
Manganoxydul	0,085	2,94
Thonerde	0,053	1,84
Kupferoxyd	0,017	0,60
	<hr/> 2,842	<hr/> 98,40.

Eisen und Mangan wurden respective als Oxyd und als Oxyduloxyd erhalten, aber als Oxydul in Rechnung gebracht, weil sonst ein Ueberschuß entstände. Der im Minerale enthaltene Schwefel wurde bei einer anderen Probe durch anhaltendes Kochen mit Königswasser und Fällung mit salpetersaurem Baryt als schwefelsaurer Baryt erhalten. Auf 3,435 Grm. Steinpulver betrug er



0,0296 Grm. Da dieser Schwefel nur als Einfachschwefeleisen im Minerale vorhanden seyn konnte, so ergiebt sich hienach die Zusammensetzung des durch Salzsäure aufschliessbaren Theils folgendermassen:

	in 2,889.	in 100.
Kieselsäure	0,720	24,93
Einfachschwefeleisen	0,080	2,77
Eisenoxydul	1,902	65,84
Manganoxydul	0,085	2,94
Thonerde	0,053	1,84
Kupferoxyd	0,017	0,60
	<hr/> 2,857	<hr/> 98,92.

Der nicht durch kalte rauchende Salzsäure zersetzbare Theil wurde durch Glühen mit der fünffachen Menge an kohlensaurem Baryt aufgeschlossen, und gab dann bei weiterer Analyse:

	in 100 Th.
Kieselsäure	58,11
Eisenoxydul	18,55
Manganoxydul	6,67
Thonerde	12,53
Kupferoxyd	2,28
	<hr/> 98,14.

*Bemerkungen.* Dafs das Eisen in dem durch Salzsäure aufgeschlossenen Antheil als Oxydul enthalten sey, wenigstens einem bedeutenden Theil nach, erhellt daraus, dafs das Mineral stark vom Magnet angezogen wird, und überdies würde sich ein bedeutender Gewichtsüberschufs herausstellen, wenn man es als Oxyd in Rechnung nehmen wollte. Ob neben dem Oxydul auch Oxyd vorhanden sey, konnte aus leicht begreiflichen Gründen nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Der Umstand, dafs Schwefelwasserstoffgas neben Schwefelkupfer eine bedeutende Menge Schwefel aus der salzsauren Auflösung des

Minerals niederschlägt, macht es indess nicht unwahrscheinlich, daß das Mineral auch etwas Eisenoxyd enthalte, wenn man nicht jene Fällung von Schwefel ganz auf Rechnung der Einwirkung der atmosphärischen Luft schreiben will.

Was die chemische Natur des durch kalte rauchende Salzsäure zersetzbaren Antheils des Minerals betrifft, so ist klar, daß die gelatinirende Masse kieselsaures Eisenoxydul ist, gemengt mit ein wenig kieselsauren Manganoxyduls, kieselsaurer Thonerde und Schwefeleisen oder Schwefelkupfer. Wenn wir die Kieselsäure als aus 1 At. Kiesel und 1 At. Sauerstoff bestehend betrachten, so ist die Menge derselben in dem Mineral etwas zu gering, um mit dem Eisenoxydul einfach kieselsaures Eisenoxydul zu bilden. Andererseits ist noch mehr die Menge des Eisenoxyduls zu gering, um das Mineral als ein basisch kieselsaures Eisenoxydul betrachten zu können. Es scheint, daß man diese gelatinirende Masse als einfach kieselsaures Eisenoxydul, gemengt mit etwas freiem Eisenoxydul oder Magneteisenstein und mit etwas kieselsaurem Manganoxydul und kieselsaurer Thonerde als eine *natürliche Frischschlacke* anzusehen habe. In der That ist das Mineral, seinem Aeufsern nach, derjenigen Verbindung, welche sich öfters beim Frischen des Eisens und beim Garmachen des Schwarzkupfers erzeugt, sehr ähnlich; beide werden durch Säuren, unter Ausscheidung gallertartiger Kieselsäure, zersetzt, und mit der beim Garmachen des Schwarzkupfers sich erzeugenden Verbindung kommt unser Mineral auch noch darin überein, daß es, wie diese, Schwefel und Kupfer enthält. Das specifische Gewicht unseres Minerals ( $\approx 4,138$ ) ist zwar etwas gröfser als das jener künstlichen Verbindungen, deren specifisches Gewicht  $\approx 3,5$  bis  $3,87$  gefunden wurde; aber diese Verschiedenheit ist nicht sehr bedeutend, und würde sich überdiels aus einer Beimengung von Magnet-

eisenstein, dessen specifisches Gewicht gröfser als 5 ist, erklären lassen.

Da die Hauptmasse unseres Minerals aus dieser mit Säuren gelatinirenden Masse besteht, so dürfen wir, sagt der Verfasser, dasselbe für eine natürliche Frischschlacke erklären, und schlagen für das Mineral den Namen *Faya-lit* vor.

Die Zusammensetzung des durch Salzsäure nicht zersetzbaren Antheils des Minerals ist, wie sich gezeigt, eine durchaus verschiedene, obgleich die Elemente, welche in beiden auftreten, die nämlichen sind. Wenn man annimmt (was übrigens nicht bewiesen ist, und nicht wohl bewiesen werden könnte), dafs diese Portion des Minerals das Eisen als Eisenoxyd, das Mangan als Manganoxyd enthalte, so würde dieser durch Säuren nicht zersetzbare Antheil des Minerals als doppelt-kieselsaures Eisenoxyd betrachtet werden können, in welchem ein Theil des Eisenoxyds durch die isomorphen Basen, Thonerde und Manganoxyd, ersetzt wäre.

## XI. *Ueber die artesischen Brunnen in den Oasen Aegyptens.*

(Aus einem Briefe des Hrn. Lefebvre, in den *Ann. de chim. et de phys. T. LXXI p. 201.* Hr. L. erhielt die untenstehenden Nachrichten von Hrn. Ayme, chemischen Fabrikanten, den der Vicekönig von Aegypten zum Civil- und Militair-Gouverneur aller Oasen ernannt hat, und der noch dort residirt.)

Die gröfse Oase von Theben, die unser Landsmann vor Allem bewohnt, hat 25 Lieues in Länge und zwei, drei oder vier in Breite. Die von Garbe (oder Westen), wo er auch eine Alaunfabrik besitzt, hat etwa 20 Lieues (Länge) und eine eiförmige Gestalt. Beide Oasen enthalten ungefähr 25000 Morgen (*arpens*) Landes von gu-

ter Beschaffenheit, das, nach den Versuchen des Hrn. Ayme, zum Anbau von Zuckerrohr, Indigo, Krapp und Baumwolle geeignet ist. Beide Oasen sind so zu sagen von artesischen Brunnen ganz durchlöchert, eine Thatsache, deren Hr. Arago beiläufig im *Annuaire* von 1834 erwähnt, zur Zeit als Hr. A. mir seine Ideen über diese Brunnen mittheilte. Diese sind durch das Einstürzen der von den Alten gemachten Holz- und Steinfütterung größtentheils verschüttet. Seitdem hat er indess mit Hülfe eines Bohrwerks von 125 Fufs Länge mehre dieser Brunnen aufräumen und reinigen lassen, und dadurch ein bis zur Oberfläche des Bodens ansteigendes Wasser erhalten.

Die alten Bewohner dieser Gegenden verfahren folgendermaßen. Sie gruben viereckige Schächte von 2 bis 3,33 Met. Seite aus, bis hinab zu der 20 oder 25 Met. unter der Bodenfläche liegenden Kalkschicht. Die Schichten über diesem Kalk, von oben nach unten, bestehen aus Dammerde, Thon, Mergel und thonigem Mergel. Die letzte Schicht ruht auf dem Kalk, und unter diesem findet sich das Wasser, welches die Brunnen aller Oasen speist. Dergleichen Schächte fütterten sie, um das Zusammenstürzen zu verhüten, dreifach mit Dattelpalmenholz aus, und dann durchbohrten sie (ob mit Stangen, oder, nach Art der Chinesen, mit Stricken, ist mir nicht bekannt) die Kalkmasse, welche die Araber *agar el moya* (Wasserstein) nennen, und welche eine Dicke von 100 bis 133 Meter hat, bis sie in den Sand kamen, der nach den Proben, welche der Bohrer mit heraufbrachte identisch ist mit dem des Nils. Dieser Sand enthält das unterirdische Wasser. Nach Aufräumung und Reinigung eines dieser Brunnen zeigte sich eine ähnliche Thatsache wie bei dem Brunnen zu Elboeuf <sup>1)</sup>. Aus einer Tiefe von 108,33 Meter brachte das Wasser Fische mit herauf, mit welchen Hr. Ayme damals und seitdem seine Tafel besetzen konnte.

1) Annalen, Bd. XXXVIII S. 604.

Die Bohrleute der Alten waren bei der Arbeit sehr vorsichtig. Nachdem sie bis zur *Agar el moya* gekommen waren, bohrten sie in dieselbe 4, 5 bis 8 Zoll weite Löcher, von den Arabern *algue* genannt. In der Besorgnis, das Land möchte durch eine zu große Menge aufsteigenden Wassers überschwemmt werden, machten sie, zur Verschließung oder Ausfütterung des Mundlochs, eine Art Sicherheitsventil aus einem sehr harten Sandstein, dem sie die Form einer Birne gaben. Dieses Ventil war mit einem Eisenring versehen, welcher erlaubte, das Mundloch gänzlich zu öffnen, oder mehr oder weniger zu verschließen. Sie waren also mit dem zu ihren Bedürfnissen erforderlichen Wasser sehr haushälterisch. In einigen Brunnen war dieß birnförmige Stück durch ein in die *Algue* gestecktes und aus derselben hervorragendes Holzrohr ersetzt.

Die Häufigkeit dieser Brunnen und ihre verschiedenartige Oertlichkeit läßt glauben, daß man in diesen beiden Oasen überall, wo man artesische Brunnen anlegte, aufsteigendes Wasser bekommen würde, in einer Menge, die der Weite des Lochs proportional wäre.

Die Brunnen wurden nur verlassen, weil ihre Holzfütterung verfaulte und sie dadurch verschütteten. Sie alle könnten wieder hergestellt werden, aber die Höhe des Arbeitslohns, der Mangel aller Werkzeuge (die Araber haben keine anderen als ihre Hände) und die ungeheure Kostbarkeit des Holzes setzen diesem Unternehmen sehr große Hindernisse in den Weg<sup>1)</sup>.

1) Neuerlich hat der englische Konsul Briggs auf dem Isthmus von Suez, zum Behufe der Communication mit Indien, durch den Schweizer Gensberg artesische Brunnen erbohren lassen, die mit Erfolg belohnt wurden. Man fand das Wasser in sehr verschiedenen Tiefen, in Tiefen, die von 14 bis 300 engl. Fuß reichten, unter Kalk.

## XII. Ueber die Bewässerungsweise der Oasen von Oman.

(Ausgezogen aus *Travels in Arabia etc.*, by Lieutn. Wellsted.)

**O**man (*'Omān*) ist ein schmaler Streifen Landes von unregelmäßiger Gestalt, der in seiner größten Breite niemals über 150 engl. Meilen misst. Auf der Ostseite wird er vom Indischen Ocean bespült, auf der Westseite von ausgedehnten Wüsten begrenzt. Er erstreckt sich von der Insel *Mazeira* ( $20^{\circ} 48' \text{ N.}$  und  $58^{\circ} 56' \text{ O. v. Greenw.}$ ) bis zu dem 400 engl. Meilen entfernten *Ras* (Cap) *Mussendom* ( $26^{\circ} 24' \text{ N.}$  und  $56^{\circ} 39' \text{ O.}$ ) am Eingange des Persischen Meerbusens, wo es mit einer scharfen Ecke endigt <sup>1</sup>).

Das Merkwürdigste in diesem, im Ganzen sehr sandigen Lande sind die Oasen, die sich von Beni-Abu-Ali in einer ununterbrochenen Linie gegen WNW. erstrecken. Sie sind gewöhnlich von länglicher Gestalt, und liegen rechtwinklich gegen den Lauf der sie bewässernden Bäche. Ihr Umfang geht von 7 oder 8 engl. Meilen bis herab zu einer und noch weniger.

Merkwürdig ist besonders die Ortschaft *Bediah*. Sie besteht aus sieben Dörfern, die in eben so vielen Oasen liegen, und, jedes, zwei- bis dreihundert Häuser enthalten. Eine auffallende Erscheinung bei diesen Dörfern ist ihre vertiefte Lage. Sie stehen in künstlichen Gruben von 6 bis 8 Fufs Tiefe, um deren Rand man die ausgegrabene Erde in Hügeln aufgeschüttet hat. Diefs waren, sagt Hr. W., die ersten Oasen, die ich antraf, und deshalb zogen sie meine Aufmerksamkeit sehr auf

1) *Omān* gehört dem *Imām* vom *Maskat*, mit dem die Engländer in neuerer Zeit mehrfache commercielle und politische Verbindungen angeknüpft haben.

sich. Ich fand, daß diese, so wie fast alle Dorfschaften (*towns*) im Innern von Oman, ihre Fruchtbarkeit der glücklichen Weise verdanken, auf welche die Bewohner ihre Gärten mit Wasser versehen, eine Weise, die, so viel ich weiß, diesem Lande eigenthümlich ist, und einen Aufwand von Arbeit und Geschicklichkeit erfordert, der mehr chinesisch als arabisch ist. Da der größte Theil des Landes auf seiner Oberfläche von laufenden Gewässern entblößt ist, so haben die Araber an höher liegenden Punkten nach unterirdischem Wasser gesucht. Auf welche Weise sie Quellen entdecken, weiß ich nicht; allein es scheint eine eigene Klasse von Leuten zu geben, die Geschäft daraus machen, und dazu im Lande umherreisen. Ich sah mehrere Brunnen, die bis zu einer Tiefe von 40 Fufs abgeteuft worden waren. Von dem oberen Theil dieser Brunnen werden, mit sehr sanfter Neigung, Kanäle in der Richtung gebohrt (*bored?*), wohin das Wasser geleitet werden soll. Diese Kanäle sind gewöhnlich vier Fufs breit und zwei Fufs tief, und in regelmäßigen Abständen mit Oeffnungen versehen, um Licht und Luft für Diejenigen zu liefern, die sie hin und wieder reinigen müssen. Auf diese Weise wird das Wasser in einem klaren, raschen Strom oft 6 bis 8 engl. Meilen weit fortgeführt. Es giebt wenige Ortschaften oder Oasen, die nur vier oder fünf solcher unterirdischen Bäche oder *Feleji* besitzen.

Die isolirten Flecke, zu welchen das Wasser auf diese Weise hingeleitet wird, haben einen Boden von solcher Fruchtbarkeit, daß beinahe jede in Indien, Arabien oder Persien einheimische Frucht oder Pflanze fast ohne Pflege gedeiht. Die Sagen von den Oasen dürfen nicht länger für eine Uebertreibung gehalten werden; denn ein einziger Schritt führt den Reisenden aus dem öden Sand der Wüste in eine fruchtbare Landschaft, die, bewässert von zahllosen Bächen, mit der üppigsten Vegetation prangt, hohe und stolze Bäume trägt, deren

schattiges Laub selbst die glühenden Strahlen der Mittagssonne nicht zu durchdringen vermögen. Mandel-, Feigen- und Wallnusbäume sind von ungeheurer Grösse, und an den Orangen- und Citronenbäumen hängen die Früchte so dicht, daß ich glaube, es könne nicht ein Zehntel von ihnen eingesammelt werden. Ueber allen thront aber die Dattelpalme, deren Schatten das traulich dunkle Gemälde abschliesst.

Eine Vorstellung von der Dichtigkeit dieses Schattens erhält man durch die von ihm bewirkte Schwächung der irdischen Strahlung. Ein Fahrenheit'sches Thermometer, das in einem Hause 55° zeigte, fiel, sechs Zoll über dem Boden, auf 45°. Aus dieser Ursache und wegen des Ueberflusses an Wasser ist die Luft fast immer mit Dampf gesättigt, und selbst mitten am Tage sehr kühl (*possefs a clammy coldness*).

Solche Landflecke gewähren in der That ein sonderbares und eigenthümliches Schauspiel, das nirgendwo seines Gleichen hat. Nichts kann hievon eine eindringlichere Vorstellung geben als die Liste der Erzeugnisse, die auf einer Fläche von oft nicht mehr als 300 Yards im Durchmesser gewonnen werden. Ich bin überzeugt, kein Ort in der Welt kann so viele und mannigfaltige Pflanzen von luxuriösem Wuchs, und vollendeter Gestalt aufweisen als die Oasen von Oman.

---

**XIII. Feuerkugel über Dänemark am 8. Januar 1840. Aus einem Bericht des Herrn Dr. Neuber in Apenrade<sup>1</sup>).**

---

Die Feuerkugel, welche am 8. Januar 1840 Abends wohl im ganzen Lande (Dänemark, namentlich Schleswig) gesehen worden, wurde hier (Apenrade) zuerst

1) Mitgetheilt vom Hrn. Etatsrath Schumacher in Altona.



**7 Uhr 55 Minut. bemerkt, und zwar südlich von Castor und Pollux. Sie ging anscheinend durch das Zenit und verschwand in der Gegend von  $\zeta$  im Schwan. Ihre Richtung war also von OSO. nach WNW. Ihre Gröfse wird verschieden angegeben, scheint aber doch einen Viertel- bis Drittelgrad nicht überstiegen zu haben. Ihr Licht war dem eines hellen Blitzes gleich und erleuchtete Alles umher mit Vollmondshelle. Anfangs war sie ohne Schweif, der sich aber bald bildete, feuerroth war und während seiner ganzen Dauer Funken sprühte. Man hat ihn auf  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  geschätzt. Etwa  $2\frac{1}{2}$  bis 3 Minuten nach dem Verschwinden wurde ein heftiger Knall, wie der Donner eines schweren Geschützes gehört. Einige wollten nachher ein Knistern, wie das einer Rakete und darauf ein dumpfes Rollen gehört haben, was letzteres indess wohl nur durch den Nachhall in den hiesigen Wäldern entstand. So wenigstens kam es mir auf meiner Stube vor; denn ich selbst war leider nicht Zeuge der Erscheinung, habe aber deutlich den Knall gehört, und schätze dessen Dauer auf 8 bis 10 Secunden.**

**Hr. Dr. N. fügt diesem Bericht noch verschiedene Zeitungsnachrichten bei (aus Horsens, Ribe, Odensee, Nyborg, Strandbye (zwischen Faaborg und Assens), Flensburg, Altona u. a. O.), welche Alle im Wesentlichen mit dem Obigen übereinstimmen. Bei Sollingbroe sah ein Fuhrmann die Feuerkugel in viele kleine Stücke zerspringen, hörte darauf erst ein Knistern, dann einen starken Knall, nun einen minder starken und zuletzt ein donnergleiches Getöse. Die Zeit zwischen dem Zerspringen und dem Knall schätzt er auf drei Minuten. Nach dem Bericht eines Landmanns zu Stoltelund, etwa 2 Meilen nordwestlich von Flensburg, verstrich zwischen dem Verschwinden der Hauptkugel und dem Knall wohl eine Minute. Die grofse Kugel hatte, nach der Wahrnehmung Mehrerer, einen Schweif von kleineren Kugeln hinter sich, und sah daher drachenartig aus. Nach dem**

Erlöschen jeder einzelnen Kugel hörte man ein Zischen oder Knistern in der Luft. — Offenbar hat diese Feuerkugel, sagt Hr. Dr. N., eine große Höhe gehabt, da man sie von Horsens bis Altona gesehen hat, und gewiss ist, daß sie dem nördlichen Schleswig am nächsten war, da sie in unserer Nähe durch das Zenit gegangen ist. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist sie auch über der Westsee (Nordsee) zersprungen, und daher haben wir keine Aussicht, von den ohne Zweifel gefallen Meteorsteinen Kunde zu erhalten.

---

XIV. *Alter Sternschnuppenfall. Aus einem Schreiben an Hr. A. v. Humboldt von Hr. v. Boguslawski.*

---

Breslau, 10. Oct. 1840

— Aufmerksam gemacht durch den früheren glücklichen Fund meines Sohnes hat sein Freund, Hr. Dr. Jacobi, Privatdocent der Geschichte an der hiesigen Universität, bei eifrigem Studium in Pertz *Monumenta Germaniae*, I, p. 369, die gedachte merkwürdige Notiz gefunden. Die geschätzten *Annales Fuldenses* erzählen daselbst *ad annum 855: »Mense vero Octobri, 16 Kalendas Novembres (i. e. am 17. October a. St.) per totam noctem igniculi instar spiculorum occidentem versus per aerum densissime ferebantur.«*

Diese deutliche und merkwürdige Angabe, mit Ihrer denkwürdigen Beobachtung von 1799 zusammengestellt, ändert die Resultate, welche aus der von meinem Sohne aufgefundenen Nachricht hervorgegangen waren, nur wenig, wodurch die Vermuthung nur noch mehr bestärkt wird, daß alle diese Erscheinungen in der That zusammengehören. Sie giebt die jährliche Fortrückung der Länge

in der Opposition und zugleich nahezu die des niedersteigenden Knotens  $= +1',428$ , mithin die jährliche Verspätigung den  $\varphi = 34^m,00$  mittlere Zeit, woraus wieder die synodische Umlaufszeit  $= 365^d 6^h 22^m,79$ ; die tropische  $= 365^d 6^h 57^m,57$ , und die siderische  $= 365^d 6^h 37^m,38$  in rückläufiger Bewegung folgt, so wie die halbe große Axe der Bahn  $= 1,0000357$ , d. h. nur um 720 geogr. Meilen größer, als die der Erdbahn. Die Beobachtungen werden durch diese Elemente folgendermaßen dargestellt:

			Mittl. Berl. Zeit.		Länge.	Beobachtete	
			der $\varphi$			mittl. Berl. Zeit.	
855	a. St.	Oct. 16.	12 <sup>h</sup> ,4	27° 31',5		Oct. 16.	12 <sup>h</sup> ,4 <sup>1)</sup>
1366	- -	- 24.	13 ,9	39 41,2		- 21.	15 ,9 <sup>2)</sup>
1799	n. St.	Nov. 11.	20 ,4	49 59,5		Nov. 11.	20 ,4 <sup>3)</sup>
1832	- -	- 12.	15 ,7	50 46,7		- 12.	13 ,0 <sup>4)</sup>
1833	- -	- 12.	22 ,0	50 48,1		- 12.	21 ,0
1834	- -	- 13.	4 ,4	50 49,5		- 13.	21 ,3
1836	- -	- 12.	17 ,1	50 52,4		- 13.	15 ,3 <sup>5)</sup>
1838	- -	- 13.	5 ,8	50 55,2		- 13.	15 ,0
1339	- -	- 13.	12 ,1	50 56,7		- 13.	12 ,7 <sup>6)</sup>

Die nächsten Oppositionen würden hiernach stattfinden:

1840 Nov. 12. 18<sup>h</sup>,5 in 50° 58',1

drei Tage nach dem Vollmonde 5<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> ☾ Aufgg.

1841 Novbr. 13. 0<sup>h</sup>,8 in 50° 59',5

am Tage nach dem Neumonde.

1842 Novbr. 13. 7<sup>h</sup>,2 in 51° 0',9

drei Tage nach d. ersten Viertel 15<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> ☾ Untgg.

1) Pertz, *Monum. Germ. I*, p. 369.

2) *Script. rer. Bohem. II*, p. 389.

3) A. v. Humboldt, *Reisen*, II, S. 284 s.

4) *Astr. Nachr. XVI*, No 381 S. 350, ermittelt v. Bessel.

5) Bei Breslau 1836 Nov. 13 15<sup>h</sup>,3, ist aber zu bemerken, daß die Hauptphase wohl auch schon am Nov. 12<sup>h</sup> stattgefunden haben kann, aber wegen Regenwetter nicht wahrgenommen werden konnte.

6) Beobachtet zu Breslau.

Trotz des Unterschiedes von drei Tagen, um welche die Beobachtung von 1366 von der Rechnung abweicht, darf man doch wohl diese Erscheinung mit dazu gehörig halten, weil eine solche Perturbationswirkung wohl noch nicht als ungewöhnlich gelten kann. — Die Bemerkung in Poggendorff's Annalen, Bd. XXXVIII S. 612, zu der Nachricht von 1366, daß danach diese Erscheinung *am Tage* stattgefunden haben müsse, erledigt sich wohl durch die richtige Uebersetzung der Worte: »*ab hora matutina usque ad horam primam*,«, welche aus der Feder des geistlichen Chronisten nicht anders heißen können, als: von der Frümmette bis zur ersten Hora.

## XV. Notizen.

1) *Platzregen zu Marseille.* — Nach einem Bericht des Hrn. Valz veranlaßte am 21. Sept. 1839 ein Gewitter zu Marseille den stärksten Platzregen, den man je daselbst erlebte. Es fielen 40 Millimeter Wasser in 25 Minuten. La Cannebière, eine 30 Meter breite Straße, mit einem Abfall von 13 Millimeter auf das Meter, wurde ganz überschwemmt, und führte 30 bis 35 Kubikmeter Wasser in der Secunde ab. (*Compt. rend. T. X p. 199*).

2) *Irrlichter?* — Am Sonntage dem 22 Dec. 1839, zwischen 5 und 9 Uhr Abends, bei gelindem und reginigtem Wetter sah man zu Fontainebleau in mehren Straßen der Stadt phosphorische Flammen aus schlammigen Pfützen aufsteigen. Beim Austreten aus dem Wasser, aus welchem sie sich zu erheben schienen, bewirkten diese Flammen ein Knistern (*crépitation*). Ueberall, wo man diese Erscheinung beobachtete, war die Luft mit einem starken Phosphorgeruch erfüllt, selbst bis zu einem ziemlichen Abstände von den Pfützen, aus denen die Flammen entwichen. Je mehr man das Wasser um-

rührte, desto häufiger zeigte sich der phosphorische Schimmer (*clartés phosphoriques*). Mehrere Tage zuvor hatte es geregnet. Am 22. Dec. selbst war es regnigt, sehr feucht, bedeckt und düstig (*lourd*). (Bericht des Hrn. De la Selve, sous-intendant militaire, in den *Compt. rend. T. X p. 202.*)

3) *Meerestemperatur über Untiefen.* — Franklin und Jonathan Williams beobachteten zuerst den erkältenden Einfluss der Untiefen auf die Temperatur des Meeres, und A. v. Humboldt nebst John Davy bestätigten denselben. Seitdem glaubten die Physiker die Thatsache verallgemeinern zu können; sie hielten es für vollkommen erwiesen, dass, *ohne Ausnahme*, das Wasser über Untiefen (*hauts-fonds*) kälter sey als auf offenem Meere. Dass indess die Regel auch Ausnahmen darbietet, mag folgende, auf der letzten Reise der Fregatte Venus beobachtete Thatsache bezeugen <sup>1</sup>).

Am 14. Aug. 1838, als die Fregatte sich dem Archipel der Marquesas-Inseln näherte, wurde die Schiffswache, zum Theil geblendet durch die von der Meeresfläche reflectirten Strahlen der untergehenden Sonne, eine neben der Insel liegende Sandbank zu spät gewahr; die Venus konnte ihren Lauf nicht schnell genug ändern; sie ging also gerade auf die Sandbank fort, und befand sich bald über einer Tiefe von 6 bis 8 Faden (*Brasses*), während wenige Stunden zuvor noch in 200 Faden Tiefe kein Grund zu erreichen gewesen war. Trotz dieser ungeheuren Tiefenänderung hatte sich die Temperatur nicht geändert, wie folgende Zahlen darthun:

1) Diese und die beiden folgenden Notizen sind genommen aus den *Compt. rend. T. XI p. 298*, aus dem Bericht über die auf dieser Reise gemachten wissenschaftlichen Arbeiten. — Die Reise der vom Capitain Du-Petit-Thouars befehligten Fregatte Venus dauerte 30 Monate, vom 29. Dec. 1836 bis zum 24. Juni 1839; sie ging von Brest aus nach Rio-Janeiro, um's Cap Horn, längst der Westküste von Amerika herauf bis Kamtschatka, dann wieder hinab bis Valparaiso, von da quer durch den grossen Ocean nach Taïti, Neu-Seeland, Van-Diemensland, und dann über das Cap der guten Hoffnung zurück in die Heimath.

Stunden.	Temperatur. des Meeres.	Tiefe (Brasses).
Mittag	26°,6 C.	Ueber 200
1	26,7	- -
2	26,7	- -
3	26,8	- -
4	26,8	- -
5	26,7	Ueber 200
6	26,5	6 bis 8
7	26,5	6 bis 8
8	26,5	Ueber 200
9	26,5	- -
10	26,5	- -
11	26,5	- -
Mitternacht	26,5	- -
1	26,5	- -
2	26,3	- -
3	26,2	- -
4	26,2	- -
5	26,3	- -
6	26,3	- -
7	26,5	- -
8	26,5	- -
9	26,5	- -
10	26,6	- -
11	26,6	- -
Mittag	26,7	- -

Im Allgemeinen fand man indeß auch auf dieser Reise das Wasser im offenen Meere 1 bis 2 Grad wärmer als auf Rheden und über Sandbänken, bei Valparaiso und in der False-Bay (Cap der guten Hoffnung) sogar 4° C.

4) *Höhe der Wolken.* — Zur Messung derselben wurden zwei Methoden angewandt. Bei der ersten begab sich der Beobachter möglichst hoch auf einen Mast der Fregatte, wartete bis ein einzelnes Gewölk oder der Rand einer Wolke in die Verticale der Sonne kam. In diesem Augenblick bestimmte er mittelst eines Reflexionsinstruments, folweise die Depression des von der Wolke geworfenen Schattens unter den rationellen Ho-

rizont, die Winkelhöhe der Wolke und die der Sonne. Das Uebrige ist Sache der Rechnung. Die zweite Methode ist bekannter. Sie erfordert, daß man beobachte 1) den Zeitpunkt des Sonnenuntergangs, und 2) den Zeitpunkt, wo die Sonne aufhört die Wolke direct zu beleuchten, was letzteres wegen der plötzlichen Aenderung, welche diese in ihrer Helligkeit erleidet, nicht schwer hält. Endlich muß man für diesen letzten Zeitpunkt die Winkelhöhe und das Azimut der Wolke messen. Diese zweite Methode ist indess seltener einer Anwendung fähig, besonders außerhalb der Tropen, wo ein dunstiger Horizont fast immer die Beobachtung des wahren Sonnenuntergangs verhindert.

Auf diese Weise ergab sich, daß sowohl über dem atlantischen als dem stillen Meere die Wolken in einer Höhe zwischen 900 und 1400 Metern schwebten. Die äußerste Gränze von 1400 wurde am 20. Febr. 1828 unter  $13^{\circ} 0' S.$  und  $109^{\circ} 3' W.$  beobachtet.

5) *Tiefe des Meeres.* — Es wurden zwei Messungen gemacht. Die eine am 5. April 1837 unter  $57^{\circ} 0' S.$  und  $85^{\circ} 7' W.$  v. Paris, 185 Seemeilen westlich und 8 südlich vom Cap Horn, 140 Seemeilen von der nächsten Küste; bei vollkommener Meeresstille und schönem Wetter, fand man in 4000 Meter Tiefe noch keinen Grund. — Die zweite am 27. Juni 1837 auf der Südsee, unter  $4^{\circ} 32' N.$  und  $136^{\circ} 56' W.$ , 230 Seemeilen südlich von den Bunker-Inseln, auch bei völliger Meeresstille, gab bei 3790 Meter Tiefe ebenfalls keinen Grund an. Beide Bestimmungen geschahen mittelst des Senkbleis, wobei die Tiefe aus der Länge und der Neigung der Schnur (oder vielmehr ihres sichtbaren Theils) in der Voraussetzung, daß sie auch unter dem Wasser geradlinig ausgespannt wäre, berechnet wurde. Die Untersuchung des wieder heraufgeholtten Senkbleis zeigte, daß es den Grund in jenen Tiefen, den größten bisher gemessenen, noch nicht berührt hatte.

---

I. *Ueber das Maximum der Wirkung eines Nebendrahtes auf die Entladung der elektrischen Batterie; von Peter Riefs.*

Ich habe vor längerer Zeit einige merkwürdige Thatsachen mitgetheilt, die weiter zu verfolgen ich bis vor Kurzem durch Krankheit verhindert war... Aus den früher bekannt gemachten Versuchen 1) ergab sich, dass die Grösse der Erwärmung, welche die Entladung einer elektrischen Batterie in dem Schliessungsdrahte erregt, von der Schliessung abhängt eines zweiten Drahtes, der in einiger Länge parallel neben dem Hauptdrahte ausgespannt, sonst aber durch einen Isolator (Glas, Luft) von ihm getrennt ist. Waren nämlich die Enden dieses Nebendrahtes durch ein Drahtstück verbunden, das die Elektricität weniger gut leitete als der Hauptdraht der Batterie, so wurde die Erwärmung im Hauptdrahte geringer gefunden als früher, und zwar zeigte sich in einzelnen Versuchen die Erwärmung um desto kleiner, je weniger leitend die Schliessung des Nebendrahtes war. So lange aber die Enden des Nebendrahtes durch einen sehr vollkommen leitenden Draht oder gar nicht in Verbindung standen, war die Erwärmung im Hauptdrahte nicht von der verschieden, welche ohne Anwendung eines Nebendrahtes stattfand.

Zwischen den beiden extremen Fällen, in welchen der Nebendraht vollkommen metallisch oder gar nicht geschlossen ist, liegt aber eine continuirliche Reihe von zwar metallischen, aber immer unvollkommener werden-

1) Poggend. Annal. Bd. XXXIX S. 393. *Comptes rendus*, 9 mars 1840.



den Schliessungen; es muß die Frage entstehen, ob die beobachtete Einwirkung des Nebendrahtes auf die Entladung der Batterie eine isolirte an eine specielle Bedingung geknüpfte Erscheinung, oder ob sie allgemein und nur der Stärke nach veränderlich mit der Schliessung des Nebendrahtes ist. Ist dieß letztere der Fall, so wird man, da die extremen Fälle der Schliessung das Minimum der Wirkung zeigen, ein Maximum oder mehrere Maxima finden müssen, wenn man die Schliessung des Nebendrahtes allmählig verschlechtert. — Zur Lösung dieser Frage sind die folgenden Versuche angestellt worden, deren Resultat ich von Wichtigkeit für die Theorie der elektrischen Entladung halte.

Der Schliessungsbogen der elektrischen Batterie enthielt die in der früheren Mittheilung angegebenen wesentlichen Stücke, nämlich: mein größeres Luftthermometer mit einem 143",5 langen Platindraht ( $\text{rad. } 0'',041$ ) und eine flache Spirale aus ungefähr 13 Fufs eines  $0'',55$  dicken Kupferdrahtes bestehend. Dieser Spirale stand parallel die ihr ganz ähnliche Nebenspirale in 1 Linie Entfernung gegenüber, und war zum Ueberflufs von ihr durch eine Glasscheibe getrennt. Die Enden der Nebenspirale setzten in zwei ( $5' 8''$  und  $6' 8''$ ) lange Kupferdrähte von  $0'',55$  Dicke fort, welche mit Schraubenklemmen endigten, die in eingeschliffenen Rinnen einen dünnen Draht ohne Quetschung festhalten konnten. Auf einem grossen, aus Glasröhren bestehenden Rahmen waren ungefähr 600 Fufs eines  $0'',1577$  dicken Neusilberdrahts in 59 Windungen aufgewunden, von welchem beliebige Längen mit den Klemmen eingefasst und so zur Schliessung der Nebenspirale benutzt werden konnten <sup>1</sup>). In der ersten Versuchsreihe, bei welcher kein

1) Dieser lange Neusilberdraht ist mir ganz untadelhaft aus der Fabrik des Hrn. Abeking hierselbst geliefert worden. Da der in meinen früheren Abhandlungen gebrauchte Draht aus der Fabrik des Hrn. Henniger bedeutend spröder war, und sich nicht zu solcher Länge

Neusilberdraht angewendet wurde, waren die Drahtenden der Nebenspirale durch ein kurzes silberplattirtes Kupferblech in Verbindung gesetzt worden. Bei den folgenden Reihen wurde die Nebenspirale durch immer größere Längen Neusilberdraht geschlossen. — Um eine klare Anschauung der Versuche zu geben, sind in der ersten Tabelle die beobachteten Erwärmungen vollständig mitgetheilt, welche ich nicht in größerer Anzahl nehmen zu müssen glaubte, da den daraus abgeleiteten Werthen für die Einheit der Ladung keine absolute Gültigkeit beigemessen werden soll. In den folgenden Tabellen wird es genügen, nur diese abgeleiteten Werthe aufzuführen. Die Einheit der Elektrizitätsmenge wurde durch das Ueberspringen des Funkens der Maassflasche durch den Zwischenraum von  $\frac{1}{2}$  Linie bestimmt <sup>1)</sup>).

ausziehen liefs, so untersuchte ich die elektrische Verzögerungskraft des neuen Drahtes, fand dieselbe indess von der des früher gebrauchten Drahtes sehr unbedeutend abweichend: Siehe unten.

- 1) Dem Leser, der meinen elektrischen Abhandlungen genauer zu folgen veranlaßt ist, bemerke ich, daß die Maassflasche von hier ab eine veränderte Einrichtung besaß. Früher waren, wie gewöhnlich bei der Lane'schen Flasche, die Kugeln, zwischen welchen der Funke überspringt, fest angeschraubt, so daß die Entladung immer an demselben Punkte der Kugeln stattfand. Fanden sich diese Stellen nach einiger Zeit oxydirt, so wurden, wie ich angegeben, die Beobachtungen unsicher, weil durch späteres Ueberspringen des Funkens die angenommene Elektrizitäts-Einheit vergrößert war; ich war gezwungen die Kugeln zu poliren und nach längerer Zeit durch neue zu ersetzen. Ich hatte später die Kugeln vergolden lassen, ohne hierdurch einen sonderlichen Vortheil zu erlangen. In der neuen Einrichtung sind die Kugeln (von 10" Durchmesser) nicht aufgeschraubt, sondern jede derselben ist auf einen verticalen, sehr sorgsam abgedrehten Zapfen aufgesteckt, um den dieselbe gedreht werden kann. Von jeder Kugel kann deshalb ein ganzer größter Kreis benutzt werden, die Funken zu empfangen, und man wird sich derselben auch bei fleißigem Experimentiren eine geraume Zeit hindurch bedienen können, ehe sie einer neuen Bearbeitung zu unterwerfen wären.

Erwärmung eines Luftthermometers im Schließungsdrahte.

Flaschen- zahl.		Elektrici- tätsmenge.		Die Nebenspirale geschlossen durch Neusilberdraht von der Länge (Par. Fußs).															Neben- spirale offen.	
s.		9.	0.	2',4.	4'8.	9',8.	19',7.	29',6.	39',4.	59',2.	88',7.	138'.	187',3.	236',6.	285',9.	384',5.	483'.	581',7.		
4	12	11,8	9,4	8,4	6,4	6,3	6,0	5,8	6,3	7,2	7,6	8,1	8,5	8,8	9,4	9,4	9,4	9,9	11,4	
	14	14,7	12,2	10,4	8,6	8	7,4	8	8,6	9,0	10,3	10,7	11,0	11,5	12,2	12,7	12,7	13,3	15,1	
	16	19	15,7	13,4	11	9,8	9,4	9,8	10,5	11,6	12,8	13,1	13,6	14,2	15,4	16	16	17	19,7	
	14	12,1	10,4	8,5	6,6	6,5	6,5	6,5	6,8	8	8,2	9,2	9,3	9,6	10	10,5	10,5	10,9	12,1	
5	16	15,5	13	10,9	8,4	8,3	7,6	8	8,4	9,7	10,5	11,4	11,6	12,0	12,7	13,5	13,5	13,5	15,2	
	18	19,2	15,1	13	11,3	10	8,9	9,8	10	12,2	13	13,5	14,8	14,7	15,3	16,5	16,5	17,5	19,4	
Erwärmung für Ein- heit der Ladung		0,31	0,25	0,21	0,17	0,16	0,15	0,16	0,168	0,19	0,206	0,219	0,227	0,234	0,25	0,26	0,27	0,31		
Dieselbe in Theilen d. größten Erwärm.		100	81	70	55	52	48	52	54	61	66	71	73	76	81	84	87	100		

Die Erwärmungen für die Einheit der Ladung sind nach der Relation  $\Theta = a \frac{q^2}{s}$  abgeleitet; in der letzten Horizontalreihe sind die einzelnen Werthe in Theilen der größten Erwärmung, die bei ganz vollkommener Schließung der Nebenspirale stattfand, angegeben. Der allgemeine Gang der Erscheinung ist klar. Während in die Schließung der Nebenspirale, die zu Anfang nur aus Kupfer bestand, fortwährend größere Längen des Neusilberdrahtes eingeschaltet werden, wird im Schließungsdrahte der Batterie eine immer geringere Erwärmung gefunden; diese erreicht bei einer gewissen Länge den kleinsten Werth, und nimmt dann, obgleich sehr langsam, fortwährend wieder zu. Die Erwärmung, die bei vollkommener Schließung 100 war, ist bei Einschaltung von 30 Fufs Neusilberdraht in die Nebenspirale unter die Hälfte gesunken, bei weiterer Verlängerung des Neusilberdrahtes nimmt dieselbe zu, und hat bei 582 Fufs wiederum den Werth 87 erreicht. Der anfängliche Werth 100 würde sich erst bei sehr großer Verlängerung des Neusilberdrahtes wieder finden, für deren Gränze die letzte Reihe, in welcher die Nebenspirale offen stand, genommen werden kann. Ich habe mich hier und bei allen Versuchen versichert, daß zwischen den angegebenen Punkten kein Wechsel stattfindet, es ergibt sich daher:

*Ein neben dem Schließungsdrahte der elektrischen Batterie befindlicher metallisch geschlossener Draht wirkt nach Maaßgabe seiner Schließung auf die Batterieentladung verzögernd ein. Wird die Schließung des Nebendrahtes progressiv verlängert, so nimmt die Einwirkung desselben zu, erreicht ein Maximum, und nimmt von dort fortwährend wieder ab.*

Dies merkwürdige Resultat findet eine Erklärung in der Vorstellungsweise, die mich zur Auffindung dieser Klasse von Erscheinungen geführt hatte, Es wurde

die Batterieentladung als aus partiellen Entladungen zusammengesetzt angenommen, von welchen jede in dem Nebendrahte einen elektrischen Strom erregt, der bei besserer oder schlechterer Leitung eine kürzere oder längere Zeit hindurch besteht. Das Verschlechtern der Leitung des Nebendrahtes bewirkt ein längeres Bestehen des Nebenstromes, so, daß eine Partialentladung der Batterie eintreten kann, während der von der vorhergehenden Entladung erregte Nebenstrom noch fortbesteht. (Diese Annalen, Bd. XXXIX S. 397.) Je weiter der erste Nebenstrom in die Dauer der zweiten Batterieentladung eingreift, desto stärker muß seine Einwirkung auf dieselbe seyn; die Verminderung der Erwärmung nimmt zu mit Verschlechterung der Leitung des Nebendrahtes. Denkt man sich aber den Punkt erreicht, an welchem der erste Nebenstrom die ganze Zeit der zweiten Batterieentladung ausfüllt, so wird eine längere Dauer desselben von geringerem Einflusse seyn, als ein anderer diesem Einflusse entgegenwirkender Umstand. Man weiß, daß die Kraft eines elektrischen Stromes (zu erwärmen, magnetisch zu wirken) vermindert wird durch Verlängerung der Leitung, die er zu durchlaufen hat, und ein so geschwächter Strom muß auch nothwendig die hier betrachtete Einwirkung weniger kräftig äußern. So lange die Dauer des Nebenstromes die Dauer der partiellen Batterieentladung nicht erreicht hat, wird die Schwächung des Stromes überwogen durch die längere Zeit, in der er auf den Hauptstrom einwirkt; erst nach der oben angegebenen Gränze, die das Maximum der Einwirkung des Nebendrahtes giebt, wird mit progressiver Verlängerung der Nebenschließung die immer schwächer werdende Einwirkung desselben merkbar seyn. Der geschlossene Nebendraht hat hiernach unter zwei verschiedenen Bedingungen die kleinste Einwirkung auf die Entladung der Batterie. Während das erste Minimum der Einwirkung des Nebendrahtes, bei ganz vollkommenem Schluß, da-

durch entsteht, daß die Entladung keinen Strom im Nebendrahte vorfindet, entsteht das zweite Minimum bei sehr unvollkommenem Schluß, indem der vorgefundene Strom zu schwach ist, seine Einwirkung bemerkbar zu machen. Es sind hier, der Einfachheit wegen, nur die beiden ersten Partialentladungen der Batterie betrachtet worden, das Gesagte gilt indess auch für alle folgenden in erhöhtem Maasse. Da nämlich die zweite Partialentladung gegen die erste verzögert worden durch Einfluß des ersten Nebenstromes, so wird der zweite Nebenstrom länger dauern als der erste, in die dritte Partialentladung weiter eingreifen und dieselbe noch bedeutender verzögern können. Diefes findet auch weiterhin statt; jede Partialentladung wird durch Einfluß des Nebenstroms gegen die unmittelbar vorhergehende verzögert seyn. — Eine nothwendige Folge dieses Mechanismus ist, daß die Erwärmung, welche die Batterieentladung im Schließungsdrahte erregt, zwar durch Einwirkung des Nebendrahtes sehr geschwächt, niemals aber gänzlich wird aufgehoben werden können. Die Erwärmung des Schließungsdrahtes ist der Totaleffect aller partiellen Entladungen der Batterie, durch Einwirkung des Nebendrahtes können wir die Partialentladungen beliebig verzögern, mit Ausnahme der ersten Entladung, bei welcher der Nebendraht noch keinen Strom führt. Auch bei der günstigsten Anordnung des Apparats wird daher die erwärmende Wirkung der ersten Partialentladung vorhanden seyn. — Die Veränderungen, welche die Erwärmung im Hauptdrahte durch die Einwirkung des Nebendrahtes in der oben mitgetheilten Tabelle zeigt, sind dieselben, welche Ladung der Batterie man auch anwenden und von welcher anfänglichen Erwärmung man hiernach ausgehen mag. Man findet, wenigstens bei den Extremen der Ladung, die ich versucht habe, stets dieselben Verhältnisse, welche die Erwärmungen für die Einheit der Ladung zeigen. Ganz anders aber verhält es sich, wenn die an-

fängliche Erwärmung nicht durch die Ladung der Batterie, sondern durch die Beschaffenheit des Schließungsdrahtes selbst bestimmt wird. Alsdann ist der Gang der Verminderung wie der relative Werth der kleinsten Erwärmung gänzlich verändert, und zwar findet man, daß ein bestimmter Nebendraht mit seinen Schließungen die Erwärmungen des Hauptdrahts desto weniger zu ändern vermag, je geringer die anfängliche Erwärmung (bei vollkommen geschlossenem Nebendraht) war.

Als Beleg hierzu dient die folgende Reihe, in welcher der Hauptschließungsdraht der Batterie durch einen 7" 5" langen Platindraht (*rad.* 0",023) verlängert worden.

	Nebenspirale geschlossen durch Neusilberdraht von der Länge.					
	0'.	29',6	49',3	69'	236',6	571',9
Erwärm. f. Einheit d. Ladung	0,153	0,125	0,12	0,12	0,139	0,151
Dies. in Theil. größt. Erw.	100	82	78	78	91.	99.

Als in der früheren Versuchsreihe die anfängliche Erwärmung 0,31 war, wurde diese durch Schließung der Nebenspirale mit 29',6 Draht am stärksten, und zwar im Verhältniß 100 zu 48 vermindert, während hier die anfängliche Erwärmung 0,153 durch 69 Fufs Draht nur von 100 auf 78 gebracht werden konnte. Auch war früher bei Schließung mit der größten Drahtlänge erst der Werth 87 erreicht, während hier bei derselben schon wieder die anfängliche Erwärmung gefunden wurde. Diefs Resultat hat nichts Auffallendes. Frühere Versuche ergaben, daß ein desto stärkerer Nebenstrom erregt wird, ein je größerer Theil des Hauptdrahtes auf den Nebendraht einwirkt, und dem stärkeren Nebenstromen müssen wir auch die stärkere Wirkung auf die Entladung zustehen. Nun hatten wir in den beiden angeführten Versuchsreihen dieselbe Länge des Hauptdrahts, 13 Fufs Kupferdraht, welche auf eine gleiche Länge des Nebendrahts einwirkte. Offenbar aber machten diese 13 Fufs

**Draht** einen bei weitem größeren Theil des ganzen Schließungsbogens aus in der ersten Versuchsreihe, als in der zweiten, in welcher der Schließungsbogen durch den dünnen Platindraht so bedeutend verlängert war. Man muß bedenken, daß dieser 7" 5" lange Platindraht die Entladung der Batterie so veränderte, wie es ein Kupferdraht 0",55 dick von 568 Fuß Länge gethan haben würde.

Nach diesen Versuchen lassen sich nun leicht die Mittel übersehen, durch welche die Erwärmung in einem ganz bestimmten Schließungsdrahte durch Wirkung eines Nebendrahtes möglichst vermindert werden kann. Es werden dieselben Mittel seyn, die zur Erregung des kräftigsten Nebenstromes gebraucht werden: Näherung des Nebendrahtes an den Hauptdraht und größte Ausdehnung des Theils des Nebendrahtes, der von dem Hauptdrahte erregt wird. Sind Haupt- und Neben-Draht schon einander sehr nahe, so wird durch größere Näherung nicht verhältnißmäßig gewonnen, wie dies in den früheren Versuchen über Erregung des Nebenstromes gezeigt worden; man wird daher dazu schreiten, den wirkamen Theil des Hauptdrahtes zu vergrößern. In den folgenden drei Versuchsreihen zeigt sich der Einfluß einer solchen Verlängerung des Theils des Nebendrahtes, der von dem Hauptdrahte eine Einwirkung erfährt.

Ich ließ zwei neue Spiralscheiben verfertigen, den früheren ähnlich, nur von größerer Ausdehnung. Jede derselben enthielt  $53\frac{1}{2}$  Fuß Kupferdraht von  $\frac{2}{3}$  Linie Dicke und bestand aus 31 Kreisen von welchen der kleinste 9,7 der größte 68,3 Linien Halbmesser hatte. Der Schließungsbogen der Batterie wurde nun so zusammengesetzt, daß unmittelbar vom Entladungsapparat ein 2' 7" langer  $1\frac{2}{3}$  Linie dicker Messingdraht zu der großen Hauptspirale führte, diese durch einen kurzen Kupferdraht mit dem Platindraht des Thermometers in Verbindung stand, der andererseits mit der kleinen Hauptspirale verbunden war, deren freies Ende zu dem ab-



leitenden Kupferstreifen führte. Einer jeden der beiden Spiralscheiben stand die zugehörige Nebenspirale in der Entfernung von 2 Lin. gegenüber (die früher gebrauchte Entfernung von 1 Linie war bei den grossen Spiralscheiben nicht gut anwendbar). Es wurden nun zuerst die Enden der kleinen Nebenspirale durch die früher bezeichneten Kupferdrähte verlängert, die mit ihren Klemmen ein Stück des langen Neusilberdrahtes einfassten, und so die Nebenspirale schlossen.

**Erwärmung des Luftthermometers im Schliessungsdraht.**

kleine Nebenspirale geschloss. d. Neusilberdraht v. Länge										Neben- spirale offen.
0	9,9	19,7	29,6	39,4	59,2	98,6	187,3	285,9	571,9	
Erwärmung für Einheit der Ladung										
	0,21	0,18	0,17	0,16	0,17	0,184	0,188	0,207	0,209	0,21
Dieselbe in Theilen der grössten Erwärmung										
	100	86	81	76	81	88	90	99	99	100

Die Wirkung der Nebenspirale auf die Entladung ist hier so schwach, dass im Maximum derselben die Erwärmung im Hauptdrahte nur im Verhältniss 100 zu 76 vermindert ist. Aber es sind auch nur 13 Fuss Kupferdraht vom Hauptdrahte wirksam, und der erregte Nebenstrom vermag schon bei Schliessung der Nebenspirale durch 286 Fuss Neusilberdraht die Entladung fast nicht mehr zu ändern. In der folgenden Versuchsreihe wurde die grosse Nebenspirale mit den beiden Kupferdrähten versehen und durch den Neusilberdraht geschlossen. Hier wirken  $53\frac{1}{2}$  Fuss des Hauptdrahts auf den Nebendraht, und die daher rührende Verminderung der Erwärmung ist sehr bedeutend.

## Erwärmung des Luftthermometers im Schließungsdraht.

Die große Nebenspirale geschlossen, durch Neusilber- draht von der Länge:	Erwärmung für die Einheit der Ladung.	Erwärmung in Theilen der größt. Erwärmung.
0.	0,21	100
9,9	0,12	57
19,7	0,088	42
29,6	0,066	31
59,2	0,059	28
78,9	0,052	25
118,3	0,055	26
187,3	0,059	28
285,9	0,066	31
384,5	0,075	36
483,0	0,084	40
571,9	0,092	44
Nebenspirale offen	0,21	100

Dieselbe Erwärmung, 0,21, die in der vorigen Tabelle nur im Verhältniß 100 zu 76 vermindert werden konnte, ist hier von 100 auf 25 gebracht, welcher Maximumwirkung des Nebendrahtes die Schließung mittelst 78,9 Fuß Neusilberdraht entspricht. Bei weiterer Verlängerung des Drahtes nimmt die Erwärmung so ausnehmend langsam zu, daß dieselbe bei 571,9 Fuß erst wieder auf 44 gestiegen ist. Nach der Schließung durch diese bedeutende Länge müssen noch eine Menge progressiv verschlechterter Schließungen hinzugedacht werden, ehe die Erwärmung 100 erreicht wird, die bei offener Nebenspirale stattfindet. Dieser Gang der Erscheinung ist eine nothwendige Folge des sehr starken Nebenstromes, der in der großen Nebenspirale erregt wird. Derselbe ist so bedeutend, daß schon bei sehr geringer Ladung, z. B. wenn die Elektrizitätsmenge 6 in 4 Flaschen angehäuft worden, eine starke Erschütterung gefühlt wird, wenn man die Nebenspirale mit den Armen schließt. Eben dieser Stärke des Stroms ist es beizumessen, daß die Maximumwirkung des Nebendrahtes erst bei einer viel

längeren Schließung desselben eintritt, als es früher der Fall war (78,9 Fufs statt 29,6); denn eine je grössere Zahl der Partialentladungen verzögert werden, um desto später, muß die Bedingung für den Wendepunkt eintreten, daß der Nebenstrom während der ganzen Zeit der Entladungen stattfindet.

Man kann die Erwärmung in dem bisher gebrauchten Hauptdrahte noch bedeutender verringern, wenn die beiden Nebenspiralen zur Wirksamkeit gebracht werden, indem man zwei sich folgende Enden derselben (die den mit einander verbundenen Enden der Hauptspiralen entsprechen) verbindet und die beiden andern Enden durch den Neusilberdraht schließt.

**„Erwärmung des Luftthermometers im Schließungsdrahte.“**

Die verbundenen Spiralen geschlossen durch Neusilber- draht von der Länge:	Erwärmung für die Einheit der Ladung.	Erwärmung in Theilen der größt. Erwärmung.
0	0,21	100
9,9	0,105	50
19,7	0,075	36
39,4	0,051	24
78,9	0,051	24
98,6	0,044	21
138	0,042	20
187,3	0,046	22
285,9	0,054	26
384,5	0,063	30
571,9	0,079	38
Nebenspirale offen	0,21	100

Hier ist die anfängliche Erwärmung 0,21 in dem Verhältnisse 100 zu 20 verringert worden bei der Schließung der Nebenspirale durch 138 Fufs Neusilberdraht, im weiteren Fortgange ist das Steigen der Wärme so langsam, daß bei 571,9 Fufs erst der Werth 38 erreicht wird. Es ist zu bemerken, daß ein geringer Werth der Erwärmung bei dem Maximum der Wirkung des Neben-

drahts stets verbunden ist mit einem anfänglich sehr schnellen Sinken der Erwärmung bei Einschaltung geringer Längen Neusilberdraht, und einem später sehr langsamen Steigen der Erwärmung bei fortschreitender Verlängerung der Schliessung. Dabei ist indess, wie oben bemerkt worden, der Gang der Erscheinung gänzlich verändert. Während z. B. in der vorletzten Tabelle den Einschaltungen von 9,9 und 19,7 Fufs Neusilberdraht die Erwärmungen 57 und 42 entsprechen, wird die kleinste Erwärmung 25 bei 78,9 Fufs gefunden; hingegen in der letzten Tabelle entsprechen den ersten beiden Schliessungen die Erwärmungen 50 und 36, aber der geringste Werth 20 wird erst bei 138 Fufs Draht erreicht. Es folgt aus diesen Versuchen:

*Das Maximum der Wirkung eines Nebendrahts auf die elektrische Entladung, welches durch Verlängerung der Nebenschliessung erreicht wird, ist um desto grösser, ein je grösserer Theil des Hauptdrahtes auf den Nebendraht einwirkt. Zugleich aber ist zur Erreichung dieses Maximums eine um so längere Schliessung des Nebendrahtes erforderlich.*

Ich habe oben die Vermuthung ausgesprochen, dass auch bei der denkbar günstigsten Einrichtung des Apparats die Wirkung auf die Batterieentladung nie so stark werden kann, als dass nicht mit feinen Instrumenten noch einige Erwärmung im Schliessungsdrahte bemerkt werden könnte. Das zuletzt gefundene Verhältniss der kleinsten Erwärmung zur anfänglichen ist indess zu bedeutend, und muss grösstentheils einem andern Umstande zugeschrieben werden. Der Platindraht im Thermometer, der niemals auf den Nebendraht vertheilend wirken kann, ist zu lang im Verhältniss zum ganzen Schliessungsdrahte; durch Verkürzung desselben wird sich die Wirkung des Nebendrahtes noch bedeutend steigern lassen. Da eine solche Verkürzung die Empfindlichkeit des Luftthermometers und dadurch die Sicherheit der Beobachtung ver-

mindert, so habe ich mich zu den folgenden Versuchen eines Metallthermometers bedient. Ich theile diese Versuche ausführlich mit, da sie wenig Sorgfalt verlangen, und das Breguet'sche Thermometer, wie es sich in Vieler Händen befindet, sehr leicht zu dieser Untersuchung eingerichtet werden kann.

In der Axe einer empfindlichen thermometrischen Spirale von Breguet <sup>1)</sup> (bei Erwärmung der umgebenden Luft um  $1^{\circ}$  R. ging der Zeiger derselben durch 22 Bogengrade) wurde ein geradliniger Platindraht von 61,5 Linien Länge und 0",040 Radius unverrückbar befestigt, und mittelst dicker Metallfortsätze und Schrauben in den Schließungsbogen der Batterie eingeschaltet. Man bedeckt das Instrument mit einer Glasglocke, und wartet bis der am unteren freien Ende der Thermometer-Spirale befestigte Zeiger einen festen Stand auf der Kreistheilung eingenommen; entladet man nun die Batterie, so erwärmt sich der Platindraht in der Axe der Spirale und theilt dieser seine Wärme mit, der Zeiger durchläuft eine Anzahl Grade, und kehrt sogleich, da das große Luftvolumen unter der Glocke die Spirale schnell wieder abkühlt, zu seinem früheren Stande zurück. Man kann hiernach viele Versuche in kurzer Zeit hinter einander anstellen. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Zeigers und die Kleinheit der Kreistheilung (mit rad, von 14 Linien) läßt gewöhnlich keine genauere Beobachtung als auf ganze Grade zu, welches indess bei der Empfindlichkeit der Spirale genügend ist. Bei den folgenden Versuchen war der Schließungsbogen möglichst einfach, auf die große Spiralscheibe mit  $53\frac{1}{4}$  Fufs Kupferdraht folgte der Platindraht im Metallthermometer, und sodann ein Kupferdraht von 20 Zoll Länge und 0",67 Dicke, der zu dem ableitenden Kupferstreifen führte. Die Nebenspirale stand der Hauptspirale in 2 Linien Entfernung gegenüber; die Schließung der Nebenspirale durch verschiedene Längen Neusilberdraht geschah in derselben Weise wie früher.

1) Im Mai 1840, vor Construirung des obigen Apparats, habe ich bei Hrn. Breguet in Paris ein ähnliches, nur sehr complicirtes Thermometer für galvanische Ströme gesehen. Es bestand im Wesentlichen aus zwei thermometrischen Spiralen, von welchen eine jede ihrer ganzen Länge nach von einer Spirale aus Platindraht umgeben war. Die beiden Platinspiralen (aus verschieden dickem Drahte) waren mit einander verbunden, und dienten zur Leitung des Stromes.

## Erwärmung eines Metallthermometers im Schließungsdrahte.

Flaschen- zahl.	Elektr. Menge. g.	Die große Nebenspir. geschlossen d. Neuüberdraht v. d. Länge.										Neben- spirale offen.
		0	4,8	9,9	19,7	29,6	49,3	...	285,9	384,4	571,9	
4	12	20	11	7	4	2	3		3,3	4,5	6	18
	14	28	15	9	6	4,5	4		4,5	6	8	26
	16	37	20	11	8	6	5		6	7,5	10	34
	14	22	12	7	4	3,5	3		3,5	5	7	20
5	16	30	16	9	6	5	4		5	6	8	27
	18	38	21	12	8	6	5		6	9	10,5	34
Erwärm. 1) für Einheit der Ladung		0,57	0,31	0,18	0,12	0,09	0,078	...	0,09	0,12	0,16	0,52
Dieselbe in Theilen d. größt. Erwärm.		100	54	32	21	16	14	...	16	21	28	91

1) Die Erwärmungen für die Einheit der Ladung sind wie früher nach der Formel  $\Theta = a \frac{Q}{s}$  berechnet und geben die Beob-

achtungen genügend wieder. B  
 T-Gab. .... ich früher  
 = Ladung  
 be entfernt

welche bei dem  
 ein ausfallen, hier  
 // so schnell, dass  
 groß seyn.

In dieser Versuchsreihe war der Schließungsdraht offenbar besser leitend als irgend früher: statt des sonst überall vorhandenen Platindrahts, von 143,5 Linien Länge, war hier nun ein fast eben so dicker Draht von 61,5 Linien Länge gegenwärtig; zugleich wirkten 53½ Fuß des Hauptdrahts auf die Nebenspirale ein. In Folge hiervon sind alle Einschaltungen des Neusilberdrahts von starker Wirkung, und die anfängliche Erwärmung wird in dem Verhältnisse 100 zu 14 und noch bedeutender vermindert. Eine geringere Erwärmung als 0,078 wurde bei Einschaltung von 200 Fuß Neusilberdraht bemerkt, die sich am Instrumente nicht mehr genau bestimmen liefs. Mit dem schnellsten Sinken der Erwärmung und der größten Verminderung derselben ist hier, in Bestätigung des oben Gesagten, auch das langsamste Steigen der Erwärmung verbunden; das überhaupt beobachtet worden. Bei der längsten Schließung der Nebenspirale (mit 571,9 Fuß Draht) zeigt sich die Erwärmung noch immer in dem bedeutenden Verhältnisse 100 zu 28 vermindert. Wie beiläufig bemerkt werden kann, fand sich eine fast gleiche Verminderung (im Verhältnifs 100 zu 27) als die Nebenspirale entfernt und der Hauptspirale ein Blatt unächten Silberpapiers gegenübergestellt war. — Die letzte Reihe der Erwärmungen bei geöffneter Nebenspirale erreicht nicht ganz die Werthe der ersten bei vollkommen geschlossener Spirale, und die früher gefundene Erwärmung 0,57 wurde erst wieder erreicht, als die Nebenspirale entfernt war. Wahrscheinlich isolirte die Siegellackschicht, welche zwischen den Windungen der Nebenspirale in einer Breite von 1,9 Linie lag, nicht absolut, und die Spirale konnte, auch wenn ihre Enden keine metallische Verbindung hatten, nicht als ganz offen angesehen werden. Bei Anwendung des Luftthermometers in den früheren Versuchen hatte ich dies nicht bemerkt, welches wohl größtentheils der gering-

ringen Empfindlichkeit dieses Instruments zuzuschreiben ist.

---

Es sind noch einige Versuche übrig, deren Beschreibung ich bis hierher verspart habe, um nicht die Darstellung zu unterbrechen. Ob die Art der Entladung der Batterie Einfluß auf die Wirkung des Nebendrahtes habe, wurde durch folgenden Versuch ausgemacht. Der bisher angewandte Apparat entlud die Batterie auf die Weise, daß ein ungleicharmiger Wagebalken, freigelassen sich um seine Zapfen drehend, mit seinen Enden zwei feststehende Kugeln gleichzeitig und innig berührte. Dieser Apparat wurde nun fortgenommen und durch zwei kleine Kugeln ersetzt, die eine Linie voneinander entfernt standen, zwischen welchen der Entladungsfunke übersprang. Der Schließungsbogen war von der Einrichtung wie er zu den Versuchen der ersten Tabelle (Seite 180) gedient hatte. Als die Enden der kleinen Nebenspirale nicht verbunden waren, ergab das Luftthermometer bei der Selbstentladung der Batterie (die aus vier Flaschen bestand) die Erwärmung 12,0 und 12,5; als diese Enden durch 39,4 Fufs Neusilberdraht verbunden waren, die Erwärmung 6,4 und 6,8. Die Erwärmung ist daher im Verhältniß 100 zu 53 vermindert worden. Die obige Tabelle ergibt für dieselbe Schließung, bei Anwendung des gewöhnlichen Entladungsapparats, die Verminderung der Erwärmung 100 zu 52. Die Art der Entladung, wenn sie nur immer dieselbe bleibt, hat keinen Einfluß auf das Verhältniß der im Schließungsdrahte erregten Erwärmungen.

Die Verminderung der Erwärmung im Hauptdrahte ist hier überall durch Schließung der Nebenspirale mittelst Neusilberdraht bewirkt worden; man kann aber denselben Effect mit Platin-, Eisen- oder Messingdrähten



hervorbringen, welche in großer Länge und Dünne überall käuflich vorrätig sind. Hier nun fragt es sich, ob der Neusilberdraht mit dem ganzen Werthe seiner Verzögerungskraft <sup>1)</sup> wirkt, so daß sogleich die Dimensionen eines äquivalenten Drahtstücks aus beliebigem Metall angegeben werden können. Zuvörderst wurde der Verzögerungswerth des Neusilbers aus dem zu Anfang angegebenen Grunde auf's Neue bestimmt. Ich schaltete hierzu das kleine Luftthermometer mit einem Platindraht von 59'',25 Länge (dies. Annual. Bd. XXXV S. 7) in den Schließungsbogen ein und stellte drei Versuchsreihen an, in welchen Platindrähte von verschiedener Länge zum Schließungsdrahte hinzugesetzt waren. Die aus diesen Reihen entwickelten Erwärmungen für die Einheit der Ladung ergaben die Constanten in der allgemeinen Gleichung für die elektrische Erwärmung und die darnach berechneten Beobachtungen folgendermaßen:

$$\Theta = \frac{0,3632}{1 + 0,00669 \lambda}.$$

Länge des eingeschalteten Platindrahts $\lambda$ .	Erwärmung des Thermometers $\Theta$ .		Differenz.
	Beobachtet.	Berechnet.	
35'',75	0,29	0,293	—0,003
87 ,62	0,23	0,229	+0,001
143 ,5	0,184	0,185	—0,001.

Der Radius des eingeschalteten Platindrahts war 0'',04098, die Gleichung zur Bestimmung der Verzögerungskraft  $x$  des Metalles irgend eines Drahtes von der Länge  $\lambda$  dem Radius  $\rho$  ist daher:

$$\Theta = \frac{0,3632}{1 + \frac{0,0000112 \lambda x}{\rho^2}}.$$

1) Ich erinnere daran, daß Verzögerungskraft in Bezug auf die Erwärmung im Schließungsdrahte der elektrischen Batterie dasselbe bezeichnet, was in Bezug auf die magnetische Wirkung des galvanischen Schließungsdrahts Leitungswiderstand genannt wird.

Es wurde ein Stück des zu untersuchenden Neusilberdrahtes von der Länge 173",5 dem Radius 0",07788 zum Schließungsdrahte hinzugesetzt, und aus einer Beobachtungsreihe die Erwärmung  $\Theta = 0,23$  bestimmt. Mit diesen Werthen erhält man (Platin gleich 1 gesetzt):

Verzögerungskraft des Neusilbers  $x = 1,807$   
oder mit der üblichen Bedeutung der Leitungsfähigkeit (Kupfer 100 gesetzt):

Leitungsfähigkeit des Neusilbers 8,59.

Bei dem früher gebrauchten Neusilber ist für die Verzögerungskraft der Werth 1,752, für die Leitungsfähigkeit 8,86 angegeben worden (Pogg. Ann. Bd. XXXXV S. 20), welche Werthe mit den hier gefundenen als identisch zu betrachten sind.

Nach diesen vorläufigen Versuchen wurde ein Schließungsbogen zusammengesetzt, in dem sich das früher gebrauchte grössere Luftthermometer und die große Spiralscheibe befand. Folgende Erwärmungen wurden beobachtet bei verschiedener Schließung der Nebenspirale mit Neusilberdraht:

	Länge des Neusilberdrahts.			
	0	9,8	19,7	39,4
Erwärm. f. Einheit d. Ladung	0,22	0,12	0,088	0,068.

Ein Platindraht 4' 5" lang, Radius 0",0238, wurde um eine 4½ Zoll lange Glasröhre gewickelt, und derselbe an der Stelle des Neusilberdrahts zur Schließung der Nebenspirale benutzt. Die Erwärmung für Einheit der Ladung fand sich 0,077. Der Verzögerungswerth

des Platindrahts ist  $\frac{\lambda x}{\rho^2}$ , wo  $\lambda$  die Länge,  $\rho$  den Halbmesser und  $x$  die Verzögerungskraft des Metalles bedeutet; er ist also, nach oben angegebenen Werthen, gleich dem Verzögerungswerthe von 26,1 Fufs des untersuchten Neusilberdrahts. Als die Nebenspirale mit 26 Fufs dieses Neusilberdrahts geschlossen war, wurde die Er-

wärmung 0,079 gefunden. Man sieht also, daß bei der Wirkung des Nebendrahtes auf die Entladung der Batterie Drähte verschiedenen Metalles, welche zur Schließung des Nebendrahtes dienen, nach Maaßgabe ihrer, in einer früheren Abhandlung untersuchten Verzögerungskraft wirken, welches sich freilich schon mit großer Wahrscheinlichkeit hätte voraussagen lassen.

Kommt es darauf an, die Aenderung der elektrischen Entladung durch einen Nebendraht, ohne weitere Messung zu zeigen, so geschieht dies sehr leicht durch den Versuch, eine bestimmte (Eisen-) Drahtlänge durch die Entladung zu schmelzen. Man wird eine passende Nebenspirale immer so schließen können, daß auch das kleinste Stück des dünnsten Drahts den stärksten Entladungen widersteht. — Der Schließungsbogen enthielt, außer der großen Spiralscheibe, den Henley'schen Auslader, zwischen dessen Armen ein 7 Linien langer,  $\frac{1}{24}$  Linie dicker Eisendraht gespannt war. Die Nebenspirale wurde durch 88,7 Fuß Neusilberdraht geschlossen. Als eine starke Batterieladung (die Elektrizitätsmenge 40 in vier Flaschen) wiederholt durch den Hauptdraht entladen wurde, zeigte sich nicht die mindeste Veränderung an dem Eisendrahte, derselbe behielt Glanz und Farbe, auch wenn er bis auf 2 Linien verkürzt war. Blieb hingegen die Nebenspirale offen oder war sie durch einen dicken, 6" langen Kupferdraht geschlossen, so zerstörte dieselbe Ladung den 7 Lin. langen Eisendraht unfehlbar. Auffallend hierbei blieb, daß, wie ich zu mehreren Malen sah, in den beiden genannten Fällen eine etwas verschiedene Verbrennung des Eisens erfolgte. Bei offener Nebenspirale nämlich kam durch die Entladung der Draht in's Glühen und schmolz von der Mitte aus ab, so daß die Enden mit angeschmolzenen Kugeln übrig blieben; war hingegen die Nebenspirale durch Kupfer vollkommen geschlossen, so zerstob der ganze Eisendraht in sprühende Funken und verschwand spurlos.

## II. *Ueber und gegen die Entwicklung der Electricität durch chemischen Proceß, nebst einem Anhang von Versuchen über das elektromotorische Verhalten dieser Flüssigkeiten gegen Metalle; von C. H. Pfaff.*

(Schluß von S. 125.)

### A n h a n g.

Ich theile hier die Resultate einzeln mit, die ich als Mittel aus einer großen Menge von Versuchen über das Verhalten der Metalle zu den Flüssigkeiten, die für galvanische Versuche überhaupt, und für die Theorie besonders am meisten in Betracht kommen, angestellt habe. In Rücksicht auf das zur Ausmittlung dieser Resultate befolgte Verfahren verweise ich sowohl auf das oben bemerkte, als auf meine »*Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus.*« Bei der großen Sorgfalt, welche ich auf diese Versuche verwandt, bei der vielfachen Wiederholung derselben, um jede Quelle zufällig herbeigeführter Anomalien zu vermeiden, dürfen die Physiker denselben vertrauen, und sie dürfen bei einer wissenschaftlichen Construction eines galvanischen Processes wohl nie aus dem Auge verloren werden. Die Metalle folgen jedesmal so auf einander, daß der Anfang mit demjenigen, welches die stärkste Spannung zeigt, gemacht ist, und so nach der abnehmenden Stärke der Spannung auf einander folgen, das angehängte Zeichen + oder — zeigt den Charakter der elektrischen Spannung des Metalls an, von welcher dann begreiflich der Gegensatz der Flüssigkeit zukommt. Wenn also in der Kalireihe das Zeichen — (Minus) bei allen Metallen sich befindet, so zeigt dies zugleich an, daß die Aetzkalilösung mit allen Metallen eine positive Spannung annimmt. Zur

Vergleichung der Grösse der Spannung, welche die Metalle mit den Flüssigkeiten hervorrufen (wovon dann begreiflich auch unter den gehörigen Bedingungen die Stärke des elektrischen Stromes, welche durch den Multiplicator gemessen wird, mit abhängt) mit der Spannung, welche die verschiedenen Metalle durch ihre Berührung mit einander hervorrufen, habe ich bei einzelnen Metallen das Paar heterogener Metalle mit namhaft gemacht, welche eine gleich grosse Spannung wie jenes Metall mit der Flüssigkeit zeigt. Wenn auch gleich im Allgemeinen die Spannung, welche die Metalle mit den flüssigen Leitern hervorrufen, viel geringer ist als diejenige, welche Metalle, die in der Spannungsreihe weit aus einander stehen, bei ihrer wechselseitigen Berührung hervorrufen, so kommen doch auch Combinationen von Flüssigkeiten und Metallen vor, die sogar die mit einander wirksamsten Metalle übertreffen.

#### I. A l k a l i e n.

*A. Aetzkalilösung.* Spec. Gewicht 1,330.

Zinn — (stärker als Kupfer mit Zink), Zink —, Antimon —, Blei —, Kupfer —, Gold —, Platin —, Wismuth —, Stahl —, Silber —.

Gold, Platin, Kupfer, Zinn, Zink, auch nachdem sie einige Tage in Berührung mit der Aetzkalilauge gewesen waren, zeigten fortdauernd negative Spannung.

*B. Aetznatronlauge.*

Die Versuche gaben im Wesentlichen dasselbe Resultat wie die Aetzkalilauge.

*C. Aetzammoniakflüssigkeit.* Spec. Gewicht 0,950.

Zink —, Zinn —, Blei —, Silber —, Eisen —, Kupfer —.

Die stärkste Combination von Zinn und Ammoniak wirkte nur halb so stark als die wirksamste Combination von *Aetzkali* und *Zinn*.

In einer früheren Reihe von Versuchen (Revision,

S. 55) hatte ich das *Kupfer* am wirksamsten gefunden, dießmal fand ich das Kupfer schwächer als die andern Metalle. In jener ersten Versuchsreihe hatte ich indessen eine stärkere Ammoniakflüssigkeit angewandt. In einem einzelnen Versuche verhielt sich als Ausnahme das Kupfer positiv. Bei einer Berührung der Metalle einige Stunden hindurch hatte die Spannung ihren Charakter nicht verändert, war nur etwas schwächer geworden.

*Baryt-, Strontian- und Kalilösung* zeigten nur höchst schwache Spannungen, doch schienen alle *Metalle* dadurch negativ, die Lösungen also positiv erregt zu werden.

## II. Säuren

In meinen früheren Versuchen hatte ich unterlassen, das Verhalten der Metalle gegen die *concentrirten Säuren* zu prüfen. Diese Lücke habe ich nun ausgefüllt. Die erhaltenen Resultate sind merkwürdig, weil in Beziehung auf sie das Verhalten der Metalle nicht ein gleichartiges wie gegen die Alkalien ist, sondern die Metalle in zwei Gruppen in positive und negative sich theilen.

*D. Concentrirte englische Schwefelsäure.* Spec. Gewicht 1,848.

*Blei* + auch nach mehreren Tagen, ohne daß die Spannung abgenommen hatte. *Silber* +, *Gold* +, *Platin* +, *Kupfer* +, *Weiches Eisen* +, *Antimon* —, *Zinn* —, *Zink* —.

Das Zink zeigte sich im ersten Augenblicke des Eintauchens positiv, es fand ein starker Angriff der Säure auf dasselbe statt, als aber die chemische Wirkung aufgehört und die Flüssigkeit sich in schwefelsaures Zink verwandelt hatte, zeigte das Zink bei wiederholter Prüfung constant starke *negative* Spannung.

*E. Concentrirte Salpetersäure.* Spec. Gewicht 1,498.

Mit den sogenannten elektronegativen Metallen: *Gold*, *Platin*, *Palladium*, zeigte die Salpetersäure eine außerordentlich starke Erregung, die damit positiv werden, doch

wurden sie noch sehr auffallend vom *Stahle* übertroffen, an welchem Verhalten der *Kohlengehalt* desselben wesentlich Antheil haben mochte. Die Combination, *Stahl* und *Salpetersäure*, war sogar wirksamer als die Combination Zink und Silber —; wie schon oben bemerkt, zeigte sich die positive Spannung des *Stahls* mehrere Wochen hindurch unverändert, ohne daß der Stahl an demjenigen Ende, welches in die Salpetersäure eintauchte, sich im Geringsten angegriffen zeigte, während allerdings der über der Oberfläche der Säure befindliche Theil, der den Dämpfen derselben ausgesetzt war, etwas oxydirt wurde. In wiederholten Versuchen zeigten die meisten Metalle in Berührung mit der concentrirten Salpetersäure eine ziemlich starke *positive* Spannung; nur das *Zink* schien eine Ausnahme zu machen, das, ungeachtet es sehr heftig angegriffen wurde, nur sehr schwache Zeichen von negativer Elektricität gab. Auch weiches Eisen und Antimon wurden negativ.

Nach der Stärke der elektrischen Erregung befolgten die Metalle nachstehende Ordnung:

Stahl +, (stärker als Zink mit Kupfer), Platin +, Gold +, Blei +, Zinn +, Kupfer +. Weiches Eisen —, Antimon —, Zink —.

*F. Salzsäure.* Specifisches Gewicht 1,140.

Die Erregung war im Allgemeinen sehr schwach, auch während des stärksten chemischen Angriffes, welchen dieselbe auf das Zink ausübte.

Die Ordnung der Metalle der Stärke nach, so wie ihre Elektricitäten waren folgende:

Stahl +, Platin +, Gold +, Silber +, Zink —, Zinn —, Blei —, Antimon +, Kupfer —.

Das Zink zeigte sich nicht bloß, jedoch nur schwach, negativ während des heftigen chemischen Angriffes, sondern auch nachdem der Angriff längst aufgehört, und die Stange 24 Stunden mit der Auflösung in Berührung gestanden, erhielt sich die negative Spannung, und als nun

eine Stange *Silber* in diese Auflösung eingetaucht wurde, zeigte auch diese eine, jedoch schwache, negative Spannung.

### III. Metallsalze.

#### 1) Metallchloride.

Da bei den Verbindungen der Metalle mit Chlor letzteres einen vorzüglichen Antheil an der elektrischen Erregung haben könnte, so werden sie hier zusammengestellt.

*G. Goldchlorid* in mäßig concentrirtem Zustande.

Alle Metalle wurden dadurch positiv erregt, und zwar in der Regel diejenigen am stärksten, welche dem positiven Ende der Spannungsreihe näher standen, und zwar übertraf ihre Erregung noch bedeutend an Stärke diejenige zwischen *Kupfer* und *Zink*.

Die Ordnung der Metalle war folgende:

*Zinn* + so stark wie zwei galvanische Elemente aus Kupfer und Zink, unverändert auch bei mehrtägiger Berührung. *Blei* + nicht viel schwächer als Zinn. *Gold* + noch sehr stark. *Stahl* +, *Platin* +, *Kupfer* +, *Antimon* +, *Zink* +, *Silber* +, *Wismuth* +, jedoch sehr schwach.

*H. Platinchlorid* in mäßig concentrirtem Zustande.

Auch mit dem Platinchlorid wurden die meisten Metalle positiv, doch bei weitem nicht in dem Grade, wie mit der Goldauflösung.

Die Ordnung der Metalle war folgende:

*Zinn* +, *Blei* +, *Antimon* +, *Kupfer* +, *Stahl* —, *Weiches Eisen* —, *Gold* +, *Zink* +, *Platin* +, *Silber* +, *Wismuth* +.

*Zinn* zeigte nach mehrtägiger Berührung unverändert starke positive Elektrizität.

*I. Quecksilberchlorid.*

Alle Metalle wurden mit diesem Chlorid positiv, doch war die Erregung im Ganzen schwach.



Die Metalle zeigten folgende Ordnung:

*Blei* + ziemlich stark, fast die halbe Spannung von Kupfer und Zink. *Zinn* +, *Gold* +, *Kupfer* +, *Silber* +, *Messing* +, Stahl und Zink wurden nicht merklich erregt.

*K. Zinnchlorür* in concentrirtem Zustande.

Das Verhalten war hier im Ganzen mit dem in den vorherigen Chloriden Beobachteten übereinstimmend, daß nicht das Chlor, sondern das mit dem Chlor verbundene Metall die Art und Stärke der elektrischen Erregung bestimmte; denn alle Metalle, welche durch unmittelbare Berührung mit dem *Zinn* eine *negative* Spannung zeigen, zeigten dieselbe auch in der Berührung mit der Auflösung des Zinnchlorürs, und die Stärke der Spannung entsprach derjenigen in Folge der unmittelbaren Berührung. Auch veränderte sich die elektrische Erregung nicht, wenn auch die Metallstäbe mehrere Tage in Berührung mit der Auflösung gelassen wurden.

Die Ordnung der Metalle war folgende:

*Platin* — (sehr stark, stärker wie Zink mit Kupfer), *Gold* — (sehr stark), *Silber* —, *Antimon* —, *Kupfer* —, *Wismuth* —, Stahl —, Weiches Eisen —, *Blei* —, *Zinn* — (höchst schwach).

Nur *Zink* verhielt sich *positiv*, und zwar sogar stärker als *Platin* negativ, gerade so wie auch Zink mit *Zinn* stärker positiv wird, als *Platin* mit *Zinn* negativ. Diese positive Erregung veränderte sich auch nicht, wenn Zink einige Tage mit der Auflösung in Berührung gelassen wurde. Als *Platin*, *Gold*, *Silber*, *Antimon* in eine Zinnchlorür-Auflösung getaucht wurden, mit welcher Zink 24 Stunden in Berührung gestanden hatte, so schien ihre negative Erregung noch stärker zu seyn.

In einer mit 10 Theilen Wasser verdünnten Auflösung zeigten *Platin*, *Gold*, *Silber*, *Antimon* eine nur sehr schwache negative Erregung; Stahl zeigte nichts, und *Kupfer*, *Wismuth* und *Blei* wurden schwach positiv erregt.

### L. Zinnchlorid - Auflösung.

Alle Metalle verhielten sich gegen das Zinnchlorid wie gegen das Zinnchlorür, und befolgten auch im Allgemeinen dieselbe Ordnung, nur war die Spannung viel schwächer als mit der Zinnchlorür-Auflösung, und der Stahl schien an der Spitze zu stehen:

*Stahl* —, *Platin* —, *Gold* —, *Silber* —, *Antimon* —, *Kupfer* —, *Wismuth* —, *Blei* —, *Zinn* (ohne Wirkung).

Auch mit der Zinkchlorid-Auflösung zeigte sich *Zink* positiv, und zwar eben so stark als *Stahl* negativ.

### M. Antimonchlorid.

Die Spannungen waren im Ganzen schwach, nur *Zink* wurde stark *positiv* erregt. Das Verhalten der Metalle befolgte im Ganzen das allgemeine Gesetz, daß es nämlich mit demjenigen bei unmittelbarer metallischer Berührung mit den Antimon übereinstimmte.

Ordnung, der Stärke nach, und Art der Spannung waren folgende:

*Zink* +, *Blei* +, *Wismuth* +, *Stahl* —, *Kupfer* —, *Gold* —, *Platin* —, *Silber* —, *Zinn* schien ohne Wirkung zu seyn.

### N. Bleichlorid.

Bei der geringen Auflöslichkeit des *Bleichlorids* war keine starke Wirkung von seiner Auflösung zu erwarten, wie auch die Versuche bewiesen. — Uebrigens bestätigte sich auch hier wieder, sowohl was die Art als die Stärke der Erregung betraf, das oft erwähnte Gesetz, wie die nachfolgende Ordnung der Metalle und das Zeichen der erregten Elektrizität beweist.

*Zink* +, *Platin* —, *Gold* —, *Antimon* —, *Silber* —, *Kupfer* —, *Stahl* —, *Wismuth* —, *Zinn* —, *Blei* —.

### O. Zinkchlorid.

In Ansehung der Art der Erregung bestätigte sich auch hier das allgemeine Gesetz, denn alle Metalle wurden mit dieser Auflösung *negativ*, aber nicht durchaus in Ansehung der Stärke, da namentlich *Zink*, das nur

schwach (indem es nicht chemisch reines Zink war) oder gar nicht hätte erregt werden sollen, beinahe am stärksten erregt wurde, auch der Stahl, der noch mehr negative Metalle, wie Gold, Platin, an Stärke übertraf.

Zink —, Stahl —, Gold —, Platin —, Antimon —, Kupfer —, Wismuth —, Zinn —, Blei —.

*P. Eisenchlorid-Auflösung.*

Diese Auflösung zeigte darin eine höchst merkwürdige Ausnahme von dem allgemeinen Gesetze, daß diejenigen Metalle, die mit dem Eisen stark negativ in der unmittelbaren metallischen Berührung werden, in der Berührung mit der Eisenchlorid-Auflösung sich vielmehr sehr stark positiv verhielten, und selbst stärkere Spannungen zeigten als die stärksten galvanischen Combinationen. Namentlich zeigten *Gold* und *Platin* eine solche starke positive Spannung, doch verhielten sich auch alle übrigen Metalle mit der Eisenchlorid-Auflösung positiv, und zwar stand *Blei* in Rücksicht auf die Stärke der Erregung an der Spitze von allen.

Die Metalle zeigten folgende Ordnung:

*Blei* +, *Gold* +, *Platin* +, *Zinn* +, *Antimon* +, *Zink* +, *Stahl* +, *Silber* +, *Wismuth* +, *Kupfer* +.

Auch nach einer länger dauernden Berührung hatte sich die Spannung von *Blei*, *Gold*, *Platin* nicht verändert.

2) Eigentliche Metallsalze.

Verbindungen der Metalloxyde mit Sauerstoffsäuren.

*Q. Salpetersaure Silberauflösung.* Ein Theil krystallisirtes salpetersaures Silber in 4 Theilen Wasser aufgelöst.

Auch hier zeigte sich das gleiche Gesetz, daß die Metalle mit der Auflösung des Silbers dieselbe elektrische Spannung zeigten, wie mit dem Silber in unmittelbarer Berührung, und daß, mit einigen Ausnahmen, die Stärke der Spannung dem Spannungsgesetze des Silbers

mit den Metallen gemäß war. So verhielten sich also Palladium, das in diesem Falle ausnahmsweise mit geprüft wurde, Platin, Gold negativ, Silber, das aber nicht ganz frei von Kupfer war, verhielt sich bereits positiv, auch alle übrigen Metalle waren positiv. Sie folgten sich in der Stärke in folgender Reihe:

Zink +, Zinn +, Blei +, Gold —, Platin —, Stahl +, Wismuth +, Kupfer +, Antimon +, Silber +.

Die Combination mit Eisen zeigte bei fortdauernder Berührung eine verstärkte, die mit Blei etwas abnehmende Spannung.

#### *R. Salpetersaures Quecksilberoxydul.*

Im Ganzen bestätigte sich auch hier das allgemeine Gesetz, nur daß man annehmen mußte, daß das Quecksilber in der Spannungsreihe noch näher dem negativen Ende liege, als alle übrigen Metalle, wie dies auch von Ritter behauptet ward. Es verhielten sich nämlich alle Metalle positiv gegen das salpetersaure Quecksilberoxydul, aber mit der merkwürdigen Ausnahme, daß das *Zink* sich dagegen *negativ* verhielt. Auch war die Intensität der Spannung nicht ganz der Spannungsreihe gemäß, indem die mehr positiven, dem Zink näher stehenden Metalle vielmehr eine schwächere Spannung zeigten, als die mehr negativen Metalle. Die Ordnung derselben war ungefähr folgende:

Silber +, Gold +, Platin +, Antimon +, Wismuth +, Kupfer +, Zink —, Zinn +, Blei +, Eisen + kaum eine Spur.

#### *S. Salpetersaures Blei.*

Diese Auflösung zeigte die merkwürdige Anomalie, daß die mit dem Blei in unmittelbarer Berührung befindlichen negativ werdenden Metalle, die, jenem allgemeinen Gesetz zufolge, gleichfalls negativ hätten werden sollen, sich vielmehr positiv zeigten — doch war die Erregung überhaupt schwach. Die Ordnung der Metalle war folgende:

**Zink** — sehr stark, nach vier Stunden Berührung hatte sich die Strömung in die positive verwandelt; **Wismuth** —, **Eisen** +, **Blei** —, **Zinn** +, nach einiger Zeit —, **Silber** +, **Antimon** +, **Gold** +, **Platin** +, **Kupfer** +.

*T. Schwefelsaures Kupferoxyd.*

Die Spannung der Metalle veränderte sich in dieser Auflösung bei mehrmaliger Wiederholung der Versuche und nach längerer Berührung damit auffallender, als in den bisher abgehandelten Metallsalz-Auflösungen. Die positiven Metalle, Zink, Zinn, Blei, Eisen, Wismuth zeigten im Ganzen eine zum Theil sehr starke positive Spannung, die negativen Metalle, Kupfer, Antimon, Silber, Gold, Platin, eine mehr negative Spannung. Ich will hier für die einzelnen Metalle die Resultate verschiedener Versuche anführen, da das Verhalten dieses Salzes, so wie des Zinkvitriols, welche bei galvanischen Versuchen fast constant mit wirken, von besonderem Interesse ist.

**Zink** im ersten Augenblicke stark positiv, als dasselbe mehrere Stunden damit in Berührung gewesen, zeigte es sich ziemlich stark negativ erregt, auch nachdem es acht Tage in der Auflösung gestanden. In einer zweiten Versuchsreihe zeigte sich das Zink im Anfange gleichfalls sehr *stark* positiv, doch nahm die Spannung ab, wenn sich das Kupfer metallisch auf demselben absetzte. Eine neue Zinkstange in dieselbe Auflösung eingetaucht, zeigte die starke positive Spannung.

**Zinn** verhielt sich fast so stark positiv wie Zink, als sich aber viel Kupfer abgesetzt, ging die Spannung in die negative über. In wiederholten Versuchen zeigte sich eine mehr constantere, sehr starke *positive* Spannung.

**Blei** zeigte gleichfalls eine sehr starke positive Spannung, die auch bei Berührung mehrere Tage hindurch constant sich erhielt.

**Eisen** wurde so stark positiv, wie Zink, und behauptete seine Spannung.

*Wismuth* wurde gleichfalls stark positiv, doch weniger als die vorangegangenen Metalle; nach einiger Zeit nahm die Spannung ab, wurde negativ, kehrte aber wieder zum positiven Charakter, doch in geringem Grade zurück.

*Kupfer* zeigte im Ganzen schwache Spannung, bald positive, bald negative.

*Antimon* verhält sich in wiederholten Versuchen ziemlich stark positiv.

*Silber* war im ersten Augenblicke positiv, dann ziemlich stark negativ.

*Gold* und *Platin* stark negativ, ungefähr noch einmal so stark wie Silber.

*U. Schwefelsaures Zink*, eine gesättigte Auflösung.

Alle Metalle verhielten sich gegen diese Auflösung negativ, mit Ausnahme des Antimons, welches am stärksten, und zwar positiv erregt wurde.

Bei den im Ganzen schwachen und wenig von einander verschiedenen Spannungen war die Ordnung schwer mit Genauigkeit zu bestimmen, doch mochte sie ungefähr folgende seyn:

Zink, Zinn, Blei, Eisen, Wismuth, Kupfer, Silber, Gold, Platin —, Antimon allein +.

*V. Schwefelsaures Eisenoxydul.*

Alle Metalle, mit Ausnahme des *Zinns* und *Bleis*, wurden negativ erregt. Merkwürdig war, daß die negativen Metalle viel schwächer negativ erregt wurden als die positiven Metalle, besonders stark war die negative Erregung des *Eisens* und *Zinks*. Die Ordnung war folgende:

*Zink* — auch nachdem dasselbe mehrere Stunden mit der Auflösung in Berührung gewesen, so stark wie Zink und Kupfer in unmittelbarer Berührung; Eisen —, Wismuth —, Zinn +, Blei +, Antimon —, Silber —, Kupfer —, Gold —, Platin — (?).

## IV. Salze mit alkalischen und erdigen Basen.

Die Wirkung derselben war im Allgemeinen sehr schwach, und ich habe mich daher nur auf zwei derselben beschränkt, die in galvanischen Versuchen häufig gebraucht werden, und für die Theorie von besonderem Interesse geworden sind, nämlich das *Jodkalium* und der *Salmiak*.

W. *Jodkalium*.

Alle Metalle wurden von dem Jodkalium negativ erregt, aber viel schwächer als sie durch die Metallsalze erregt wurden, nur Wismuth und Zinn wurden positiv erregt. — Im Allgemeinen wurden die negativen Metalle schwächer erregt als die positiven. Die Ordnung war folgende:

Antimon —, Silber —, Zink —, Blei —, Zinn +, Wismuth +, Eisen —, Kupfer —, Gold —, Platin —.

X. *Salmiak*.

Die meisten Metalle wurden davon positiv erregt, nur Gold, Platin, und, merkwürdig genug, auch *Zink* zeigten eine negative Erregung. Die Ordnung der Metalle war folgende:

Zinn +, Blei +, Platin —, Wismuth +, Antimon +, Silber +, Kupfer +, Eisen +, Zink —, Silber +, Gold —, Platin —.

In Ansehung der Ordnung der Stärke, in welcher die verschiedenen Metalle aufgeführt sind, kann ich für eine vollkommene Genauigkeit in denjenigen Fällen, in welchen die Erregung überall nur eine schwache war, nicht vollkommen eintreten. Der Maassstab war nämlich das Verhältniß der Divergenzen der Goldblättchen nach einer *gleichen Anzahl* von Uebertragungen der Elektrizität von dem einen Condensator auf den zweiten. Nun hängt aber die Stärke der Condensation wesentlich von der Art des Aufsetzens der oberen Condensatorplatte auf die untere ab, die begreiflich nicht immer auf eine

eine vollkommen gleichförmige Weise geschehen konnte. Es könnte sich also wohl ereignen, daß ein Metall, das eine um etwas wenigere schwächere Spannung mit irgend einer Flüssigkeit zeigte, als ein anderes, doch in einer Reihe von Versuchen, in welcher etwa zufällig die obere Platte in einer günstigeren Weise auf die untere Platte aufgesetzt wurde, um stärker zu condensiren, nun nach einer gleichen Anzahl von Uebertragungen doch eine größere Divergenz der Goldblättchen bewirkte. — Doch waren diese Fehler innerhalb sehr kleiner Gränzen eingeschlossen, da ich mich überzeugt hatte, daß meine Condensatoren, in welcher Lage auch die obere Platte auf der unteren ruhte, doch in der Hauptsache immer gleich gut condensirten.

Ich habe nochmals die Reihe der Metalle in Rücksicht auf die Art und Stärke der elektrischen Spannung, die sie mit einander geben, durchexperimentirt, und dabei auch Uran-, Tellur- und Wolfram-Metall, deren Stelle bis jetzt immer noch unsicher war, und welche ich mir zu diesem Behuf in chemisch-reinem Zustande dargestellt hatte, geprüft. Die Prüfung geschah dadurch, daß in zwei verschiedenen Reihen von Versuchen das ein Mal eine Zink-Collectorplatte, in einer zweiten Reihe eine Kupfer-Collectorplatte mit dem zu prüfenden Metalle, das selbst durch den Finger in leitende Verbindung mit dem Erdboden gebracht ward, berührt wurde. Im ersten Falle zeigten sich alle Metalle negativ, d. h. die Collectorplatte von Zink wurde positiv erregt, dagegen zerfielen, in Berührung auf die Collectorplatte von Kupfer, die Metallplatten in zwei Gruppen, eine positive und eine negative. Die eine Reihe von Versuchen diente der andern zur Controle, in sofern das in der zweiten Reihe sich negativ verhaltende (d. h. das Kupfer positiv erregende) Metall in der ersten Reihe das Zink zu einer höheren positiven Spannung erregen mußte,



als das in der zweiten Reihe sich als ein positives verhaltendes, d. h. das Kupfer negativ erregendes.

+ Zink, Cadmium, Zinn, Blei, *Wolfram*, Eisen Wismuth, Antimon, Kupfer, Silber, Gold, *Uran*, Silber, Gold, *Tellur*, Platin, Palladium —.

### N a c h s c h r i f t.

Erst nachdem der Aufsatz, zu welchem der voranstehende Anhang gehört, schon vor mehreren Wochen in der Versammlung des scandinavischen Vereins der Naturforscher und Aerzte vorgelesen worden war, kamen mir die Schrift des Hrn. Henrici: »Ueber die Elektricität der galvanischen Kette, Göttingen 1840«; Hrn. Prof. Buff's Aufsätze: »Ueber den Einfluß des Contacts und der Oxydation auf die Entwicklung und Fortdauer des elektrischen Stromes« in dem 2. Hefte des XXXIV. Bandes der Annalen der Pharmacie (Mai 1840), und »Ueber die veränderliche Stärke galvanisch-elektrischer Erregungen,« im 3. Hefte eben dieses Bandes, Juni 1840; und endlich Hrn. Böttger's Aufsatz: »Vermischte physikalische Erfahrungen,« im 5. Hefte des Jahrgangs 1840 dieser Annalen der Physik und Chemie, zur Hand. Es liegt hier ganz außer meinem Plane, mich hier in eine nähere Würdigung jener beiden ersteren literarischen Arbeiten einzulassen. Aber bemerken muß ich doch, was Hrn. Henrici's Schrift betrifft, daß das Hauptthema, was dieselbe abhandelt, nämlich die Ableitung der galvanischen Erscheinungen als hervorgehend aus der Zusammenwirkung der Elektricitäts-erregung durch Berührung der trocknen (metallischen) Leiter unter sich, dann mit den flüssigen (feuchten) Leitern, und dieser unter sich in meiner *Revision der Lehre vom Galvano-Voltaismus* ganz nach denselben Principien abgehandelt ist. Auch glaube ich die wechselseitige Modification, welche heterogene Metalle, die in einer Flüssigkeit einander gegenüberste-

hen, in ihrer elektrischen Erregung viel einfacher und umfassender aus den allgemeinen Spannungsgesetzen in dem 3. Abschnitte jener *Revision*, wo sich bereits die wichtigsten darauf bezüglichen Thatsachen finden, erklärt zu haben, als Hr. Henrici durch seine graphischen Darstellungen gethan hat, gegen die mit Recht einzuwenden ist, daß jene die beiden entgegengesetzt erregten Metalle verbindende Linie, welche die Flüssigkeit vorstellt, die Idee eines Null elektrischen Zustandes der Flüssigkeit erzeugen muß, die doch jedesmal in einem solchen Falle selbst entweder negativ oder positiv elektrisch ist. Ueberhaupt sind in Hrn. H's, Schrift noch viele Thatsachen und Erklärungen mitgetheilt, die schon längst bekannt sind, wohin unter andern die Erklärung der sogenannten Ladungsphänomene gehört, von denen in der Hauptsache Volta schon die gleiche Erklärung gegeben hat, und in Betreff welcher im *physikalischen Wörterbuche* unter dem Artikel *Ladungssäule* sich alles Wesentliche zusammengestellt findet. Uebrigens ist es mir in Henrici's Schrift nicht besser ergangen, wie manchem andern Physiker, namentlich dem ausgezeichneten Fechner, dessen vortreffliche Reihe von Versuchen über die Erregung der Elektrizität durch bloße Berührung zweier Flüssigkeiten unter einander, die doch bereits im Jahr 1839 erschienen ist, und welche H's Arbeit an Umfang weit übertrifft, ganz ignorirt wird. Uebrigens würde Hr. H. viel häufiger positive Resultate über Elektrizitätserregung erhalten haben, wenn er meine Methode der Uebertragung von einem Condensator auf den andern befolgt hätte.

Um die Beweiskraft der Argumente, durch welche Hr. Prof. Buff die Contacttheorie mit der chemischen in Allianz zu bringen sucht, ein Versuch der bekanntlich schon viel älter ist, und namentlich schon von Davy herrührt, zu entkräften, müßte ich mich in sehr ausführliche Erörterungen einlassen, für welche zu einer an-

dem Zeit Platz und Gelegenheit sich finden wird, doch erlaube ich mir die allgemeine Bemerkung, daß Hr. Prof. Buff auf die Elektrizitätserregung zwischen flüssigen und festen Leitern durch *blofse Berührung* und ohne alle Mitwirkung eines chemischen Processes, worüber gerade dieser Aufsatz eine Menge schlagender Thatsachen liefert, viel zu wenig Rücksicht genommen hat.

Was endlich die interessanten Versuche Böttger's über die Elektrizitätserregung durch Detonation und Decrepitation gewisser Salze betrifft, so habe ich sie vollkommen bestätigt gefunden. Ich erhielt, gerade so wie dieser geübte und scharfsinnige Experimentator, durch Verpuffen von oxalsaurem Silber und citronensaurem Silberoxyd sehr auffallende Zeichen von negativer Elektrizität, und durch jene höchst merkwürdige Decrepitation des schwefelsauren Kupferkalis, nach seinem Erkalten aus feurigem Flusse, die bestimmtesten Zeichen von positiver Elektrizität; allein ich bin ganz mit Hrn. Böttger einverstanden, daß jene Elektrizitätserregung in keiner Beziehung mit der chemischen Zersetzung als solche steht, und ich möchte die negative Elektrizität in den beiden ersten Fällen sogar nur als einen besonderen Fall von gewöhnlicher Berührungselektrizität betrachten, da jedesmal Silber metallisch hergestellt wird, welches die Platinschale, die mit der Collectorplatte in leitender Verbindung steht, *negativ* erregt.

---

### III. Untersuchung über die spezifische Wärme einfacher und zusammengesetzter Körper; von Victor Regnault.

(Schluss von Seite 73.)

#### Specifische Wärme einfacher Körper.

##### K u p f e r.

Dieses Metall hatte die Form von 3 Millim. dicken Stäbchen; es zeigte bei chemischer Analyse nur Spuren von Beimengungen; vor dem Versuche wurde es ausgeglüht.

$M (B)$	314 <sup>s</sup> ,77	314 <sup>s</sup> ,77	314 <sup>s</sup> ,77	191 <sup>s</sup> ,51
$T$	98°,26	98°,11	98°,11	98°,42
$A$	462 <sup>s</sup> ,28	462 <sup>s</sup> ,23	462 <sup>s</sup> ,28	462 <sup>s</sup> ,28
$\vartheta$	17°,42	18°,20	17°,49	15°,96
$\vartheta''$	14°,47	15°,29	15°,29	15°,74
$\Delta\vartheta$	5°,276	5°,227	5°,260	3°,371
$t$	2' 45"	2' 24"	2' 18"	1' 55"
Spec. Wärme	0,09537	0,09546	0,09497	0,09480
Mittel				0,09515.

##### E i s e n.

In Draht von 3 Millim. Dicke; äußerst weich; bei Auflösung in Salzsäure keinen merklichen Rückstand hinterlassend. Drei Versuche gaben:

$M (B)$	316 <sup>s</sup> ,66	316 <sup>s</sup> ,66	247 <sup>s</sup> ,15
$T$	97°,48	98°,11	98°,11
$A$	462 <sup>s</sup> ,10	462 <sup>s</sup> ,28	462 <sup>s</sup> ,24
$\vartheta$	20°,23	18°,82	17°,77
$\vartheta'$	16°,65	16°,55	16°,45
$\Delta\vartheta$	6°,067	6°,217	4°,985
$t$	2' 7"	2' 29"	2' 3"
Spec. Wärme	0,11362	0,11322	0,11373.

Derselbe Eisendraht wurde bis zur Weißgluth erhitzt, darauf in Wasser getaucht, und zuletzt durch schwache Salzsäure gereinigt. Er gab ganz ähnliche Zahlen.

$M (E)$	293 <sup>s</sup> ,69	293 <sup>s</sup> ,69
$T$	98°,48	98°,52
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,41
$\vartheta$	15°,39	14°,71
$\vartheta'$	11°,20	13°,04
$\Delta \vartheta$	6°,001	6°,150
$t$	2'	1' 45"
Spec. Wärme	0,11284	0,11398
Mittel aus den 5 Versuchen		0,113795.

## Z i n k.

Das angewandte Zink war durch Destillation gereinigt und die Oberfläche der Körner durch Eintauchen in Salzsäure wohl gesäubert.

$M (E)$	247 <sup>s</sup> ,61	284 <sup>s</sup> ,69	293 <sup>s</sup> ,65
$T$	99°,05	99°,27	99°,11
$A$	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	13°,30	13°,59	14°,59
$\vartheta'$	12°,37	10°,42	13°,72
$\Delta \vartheta$	4°,511	5°,094	5°,227
$t$	2'	2' 15"	1' 35"
Spec. Wärme	0,09589	0,09528	0,09548
Mittel			0,09555.

Ich habe auch einige Versuche mit dem im Handel vorkommenden gewalzten Zink angestellt. Diefs war unrein; allein ich mußte zu besonderen Zwecken seine specifische Wärme kennen. Drei Beobachtungen gaben:

Spec. Wärme 0,09985 0,10049 0,10003.

## S i l b e r.

Fein-Silber aus der Münze, gekörnt.

<i>M</i> ( <i>B</i> )	345 $\epsilon$ ,66	345 $\epsilon$ ,66	496 $\epsilon$ ,72	496 $\epsilon$ ,72	496 $\epsilon$ ,72
<i>T</i>	98°,74	98°,74	98°,74	98°,57	98°,46
<i>A</i>	462 $\epsilon$ ,36	462 $\epsilon$ ,36	462 $\epsilon$ ,41	462 $\epsilon$ ,41	462 $\epsilon$ ,45
$\vartheta$	13°,59	12°,31	13°,97	13°,33	11°,79
$\vartheta'$	10°,94	11°,99	12°,23	9°,44	8°,54
$\Delta\vartheta$	3°,753	3°,812	5°,268	5°,260	5°,401
<i>t</i>	2' 2"	2' 10"	2' 50"	2' 30"	2'
Spec. Wärme	0,05739	0,05691	0,05685	0,05679	0,05712
Mittel					0,05701.

## A r s e n i k.

Gereinigt durch Sublimation, dann durch eine Chlorlösung abgewaschen. Ich machte zwei Reihen von Versuchen. Bei der ersten war das Arsenik ein Mal, bei der zweiten zwei Mal sublimirt.

## Ein Mal sublimirtes Arsenik.

<i>M</i> ( <i>B</i> )	216 $\epsilon$ ,18	216 $\epsilon$ ,18	216 $\epsilon$ ,18	216 $\epsilon$ ,18
<i>T</i>	97°,48	98°,11	98°,42	98°,11
<i>A</i>	440 $\epsilon$ ,36	440 $\epsilon$ ,42	440 $\epsilon$ ,36	440 $\epsilon$ ,39
$\vartheta$	13°,84	12°,64	14°,50	14°,39
$\vartheta'$	10°,94	9°,74	12°,14	11°,99
$\Delta\vartheta$	3°,446	3°,545	3°,446	3°,429
<i>t</i>	2' 30"	2' 12"	2' 40"	2' 10"
Spec. Wärme	0,08163	0,08204	0,08114	0,08082

## Zwei Mal sublimirtes Arsenik.

<i>M</i> ( <i>E</i> )	228 $\epsilon$ ,02	228 $\epsilon$ ,02
<i>T</i>	99°,13	98°,58
<i>A</i>	462 $\epsilon$ ,39	462 $\epsilon$ ,39
$\vartheta$	12°,46	12°,08
$\vartheta'$	10°,79	9°,97
$\Delta\vartheta$	3°,587	3°,570
<i>t</i>	1' 45"	1' 30"
Spec. Wärme	0,08186	0,08117
Mittel aus den 6 Versuchen		0,08140.

## K a d m i u m.

Das angewandte Kadmium war sehr schmiedbar. Es enthielt nur 1 Proc. fremder Stoffe.

$M (B)$	439 <sup>s</sup> ,19	439 <sup>s</sup> ,19	439 <sup>s</sup> ,19
$T$	98°,11	98°,11	97°,79
$A$	440 <sup>s</sup> ,36	440 <sup>s</sup> ,27	440 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	15°,81	15°,94	16°,44
$\vartheta'$	12°,59	11°,24	12°,59
$\Delta\vartheta$	4°,727	4°,719	4°,636
$t$	3' 35"	3' 37"	2' 38"
Spec. Wärme	0,05695	0,05673	0,05639
Mittel			0,05669.

## B l e i.

Erste Reihe. Probeblei.

$M (B)$	526 <sup>s</sup> ,33	526 <sup>s</sup> ,33	526 <sup>s</sup> ,33	526 <sup>s</sup> ,33	526 <sup>s</sup> ,33 ( $A$ )
$T$	98°,11	97°,79	98°,11	98°,11	97°,79
$A$	440 <sup>s</sup> ,27	440 <sup>s</sup> ,27	440 <sup>s</sup> ,39	440 <sup>s</sup> ,39	440 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	16°,48	16°,13	13°,65	13°,54	13°,72
$\vartheta'$	13°,49	12°,14	11°,09	10°,94	11°,99
$\Delta\vartheta$	3°,154	3°,163	3°,262	3°,229	3°,329
$t$	3' 30"	3' 0"	3'	3' 30"	3' 34"
Spec. Wärme	0,03134	0,03177	0,03137	0,03109	0,03145

Zweite Reihe. Sehr reines spanisches Blei.

$M (E)$	560 <sup>s</sup> ,52	560 <sup>s</sup> ,52	529 <sup>s</sup> ,11
$T$	98°,98	98°,94	98°,74
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	13°,03	13°,38	13°,12
$\vartheta'$	12°,82	12°,48	13°,12
$\Delta\vartheta$	3°,387	3°,387	3°,188
$t$	2'	2' 15"	3'
Spec. Wärme	0,03129	0,03150	0,03133
Mittel aus den 8 Versuchen			0,03140.

## W i s m u t h.

Das Wismuth war durch mehrmaliges Schmelzen mit dem Zehntel seines Gewichts Salpeter gereinigt worden. Zu der ersten Versuchsreihe war das Wismuth zwei Mal mit Salpeter geschmolzen.

$M(B)$	521 <sup>s</sup> ,56	521 <sup>s</sup> ,56	521 <sup>s</sup> ,56
$T$	98°,11	97°,79	98°,11
$A$	440 <sup>s</sup> ,32	440 <sup>s</sup> ,36	440 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	15°,56	14°,46	15°,55
$\vartheta'$	15°,14	12°,59	14°,54
$\Delta\vartheta$	3°,146	3°,154	3°,138
$t$	4'	3' 15"	3' 15"
Spec. Wärme	0,03082	0,03089	0,03082.

Dasselbe Wismuth ein drittes Mal mit Salpeter geschmolzen, gab ähnliche Resultate:

$M(E)$	555 <sup>s</sup> ,26	555 <sup>s</sup> ,26
$T$	99°,05	99°,43
$A$	462 <sup>s</sup> ,43	462 <sup>s</sup> ,43
$\vartheta$	11°,06	11°,03
$\vartheta'$	11°,47	11°,09
$\Delta\vartheta$	3°,396	3°,421
$t$	2' 25	2' 15"
Spec. Wärme	0,03084	0,03093
Mittel aus den 5 Versuchen		0,03084.

## A n t i m o n.

Käufliches Antimon, gereinigt durch mehrmaliges Schmelzen mit Salpeter. Zwei Mal mit Salpeter geschmolzen, gab es:

$M(A)$	362 <sup>s</sup> ,30	362 <sup>s</sup> ,30	362 <sup>s</sup> ,30	362 <sup>s</sup> ,30
$T$	97°,01	96°,85	96°,85	96°,85
$A$	440 <sup>s</sup> ,36	440 <sup>s</sup> ,32	440 <sup>s</sup> ,32	440 <sup>s</sup> ,27
$\vartheta$	14°,72	16°,13	16°,06	15°,97



$\vartheta'$	12°,74	13°,79	11°,84	12°,14
$\Delta\vartheta$	3°,637	3°,495	3°,495	3°,495
$t$	2' 30"	3' 35"	3' 17"	3' 30"
Spec. Wärme	0,05113	0,05037	0,05084	0,05076.

Zum dritten Mal mit Salpeter geschmolzen, gab es :

$M (E)$	248 <sup>s</sup> ,62
$T$	98°,98
$A$	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	11°,32
$\vartheta'$	11°,61
$\Delta\vartheta$	2°,530
$t$	1' 30"
Spec. Wärme	0,05065
Mittel aus den 5 Versuchen	0,05077.

### Z i n n.

Zinn von Banca, vollkommen rein, zu Scheiben ausgegossen :

$M (E)$	460 <sup>s</sup> ,65	460 <sup>s</sup> ,65	460 <sup>s</sup> ,65	462,574	462 <sup>s</sup> ,74
$T$	98°,42	98°,74	98°,57	98°,42	99°,05
$A$	462 <sup>s</sup> ,32	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,45	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	15°,68	12°,88	10°,89	13°,55	14°,05
$\vartheta'$	13°,12	11°,06	12°,36	11°,69	12°,82
$\Delta\vartheta$	4°,711	4°,927	5°,052	4°,860	4°,860
$t$ ●	2' 30"	2'	2' 30"	2' 30"	2' 30"
Spec. Wärme	0,05624	0,05652	0,05619	0,05622	0,05601
Mittel aus den 5 Versuchen					0,05623

Englisches Zinn, weniger rein, gab :

$M (A)$	331 <sup>s</sup> ,92	331 <sup>s</sup> ,92
$T$	96°,85	97°,16
$A$	440 <sup>s</sup> ,38	440 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	15°,39	15°,99
$\vartheta'$	14°,38	14°,55
$\Delta\vartheta$	3°,645	3°,637
$t$	4'	5'
Spec. Wärme	0,05685	0,05705.

## Nickel.

Das Nickel zu diesen Versuchen war auf verschiedene Weisen dargestellt. Das reinste wurde erhalten durch Glühen des oxalsauren Nickeloxyds in einem Porcellantiegel vor Essenfeuer. Das so erhaltene Nickel ist jedoch immer etwas gekohlt. Man erkennt dies an dem Geruch des Wasserstoffgases, welches es bei Auflösung in Salzsäure entwickelt. Die specifische Wärme muß hienach etwas zu groß seyn.

$M (F)$	132 <sup>s</sup> ,68	132 <sup>s</sup> ,68	132 <sup>s</sup> ,68
$T$	98 <sup>o</sup> ,74	98 <sup>o</sup> ,74	98 <sup>o</sup> ,74
$A$	462 <sup>s</sup> ,36	462 <sup>s</sup> ,30	462 <sup>s</sup> ,30
$\vartheta$	12 <sup>o</sup> ,72	14 <sup>o</sup> ,63	12 <sup>o</sup> ,61
$\vartheta'$	13 <sup>o</sup> ,04	14 <sup>o</sup> ,54	12 <sup>o</sup> ,44
$\Delta \vartheta$	2 <sup>o</sup> ,796	2 <sup>o</sup> ,721	2 <sup>o</sup> ,796
$t$	1' 30"	1' 45"	2'
Spec. Wärme	0,10874	0,10837	0,10878
Mittel			0,10863.

Zu einer anderen Reihe von Versuchen wurde das Nickel durch Erbitzung des Oxyds in einem beschlagenen Tiegel vor Essenfeuer erhalten, ein Mal bei nicht bis zum Schmelzen des Metalls gehender Hitze, und dann durch Schmelzen desselben zum Regulus mitten im Beschlag. In beiden Fällen enthält das Metall eine beträchtliche Menge Kohle. Geschmolzen in dem Beschlag ist es ganz von der Natur des Gufseisens.

Nickel reducirt zwischen Kohle, aber nicht geschmolzen, gab folgende Zahlen:

$M (B)$	200 <sup>s</sup> ,65	200 <sup>s</sup> ,65	200 <sup>s</sup> ,65
$T$	98 <sup>o</sup> ,11	97 <sup>o</sup> ,79	98 <sup>o</sup> ,26
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,36	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	13 <sup>o</sup> ,60	14 <sup>o</sup> ,16	13 <sup>o</sup> ,47
$\vartheta'$	12 <sup>o</sup> ,59	12 <sup>o</sup> ,74	12 <sup>o</sup> ,59
$\Delta \vartheta$	4 <sup>o</sup> ,203	4 <sup>o</sup> ,178	4 <sup>o</sup> ,253
$t$	1' 58"	2' 8"	1' 56"
Spec. Wärme	0,11136	0,11207	0,11232.

Die spec. Wärme fällt hier schon stärker aus; das Metall muß also stärker gekühlt seyn.

Nickel endlich, das, geschmolzen im Beschlag, noch mehr Kohle enthalten mußte, gab:

$M (B)$	204 <sup>s</sup> ,87	204 <sup>s</sup> ,87
$T$	97 <sup>o</sup> ,48	97 <sup>o</sup> ,79
$A$	440 <sup>s</sup> ,45	440 <sup>s</sup> ,42
$\vartheta$	13 <sup>o</sup> ,06	14 <sup>o</sup> ,16
$\vartheta'$	8 <sup>o</sup> ,84	10 <sup>o</sup> ,94
$\Delta \vartheta$	4 <sup>o</sup> ,669	4 <sup>o</sup> ,594
$t$	1' 42"	2' 8"
Spec. Wärme	0,11676	0,11587.

#### K o b a l t.

Zu diesen Versuchen diente einerseits wohl geschmolzenes, aus dem kleesauren Salz erhaltenes und andererseits aus dem Oxyd im Kohlenbeschlag reducirtes Kobalt.

Das Kobalt aus dem kleesauren Salz gab:

$M (F)$	87 <sup>s</sup> ,87	87 <sup>s</sup> ,87
$F$	98 <sup>o</sup> ,86	99 <sup>o</sup> ,05
$A$	462 <sup>s</sup> ,30	462 <sup>s</sup> ,30
$\vartheta$	11 <sup>o</sup> ,18	11 <sup>o</sup> ,30
$\vartheta'$	11 <sup>o</sup> ,09	10 <sup>o</sup> ,94
$\Delta \vartheta$	1 <sup>o</sup> ,889	1 <sup>o</sup> ,914
$t$	1' 30"	1' 15"
Spec. Wärme	0,10629	0,10784.

Da die Kobaltmenge, über die ich zu diesen Versuchen verfügen konnte, ein wenig gering war, hielt ich es für zweckmäßig einige Bestimmungen mit Hülfe von Terpenthinöl zu machen. Die Resultate waren folgende:

$M (F)$	87 <sup>s</sup> ,87	87 <sup>s</sup> ,87
$T$	99 <sup>o</sup> ,05	99 <sup>o</sup> ,37
$Es$	420 <sup>s</sup> ,20	420 <sup>s</sup> ,40
$\vartheta$	13 <sup>o</sup> ,05	12 <sup>o</sup> ,45

$\vartheta'$	11°,24	11°,02
$\Delta\vartheta$	4°,685	4°,752
$t$	2' 30"	2' 30"
Spec. Wärme	0,10685	0,10707.

Die Zahlen stimmen vollkommen mit den vorherigen. Das Mittel aus den vier Versuchen ist =0,10696.

Sehr kohlenhaltiges Kobalt, im Beschlag geschmolzen, gab folgende Zahlen:

$M (B)$	155s,94	155s,94	155s,94
$T$	97°,79	97°,79	97°,79
$A$	440s,39	440s,36	440s,39
$\vartheta$	13°,86	14°,37	14°,15
$\vartheta'$	10°,50	11°,54	12°,44
$\Delta\vartheta$	3°,537	3°,607	3°,587
$t$	2'	2' 30"	2' 35"
Spec. Wärme	0,11620	0,11783	0,11734.

Diese Zahlen sind weit gröfser als die vorherigen, fast aber identisch mit den unter gleichen Umständen beim gekohlten Nickel erhaltenen.

#### Platin.

Der Gefälligkeit des Hrn. Desmoutis, Platinfabrikanten, verdanke ich das zu meinen Versuchen angewandte Metall. Es war vollkommen rein.

Ich experimentirte mit drei Arten Platin: 1) mit dünn gewalztem und ausgeglühtem Platin; 2) mit Platin, das eine einzige, sehr gut geschmiedete Stange bildete; 3) mit frisch bereitetem Platinschwamm.

Gewalztes Platin gab folgende Zahlen:

$M (E)$	569s,01	569s,01	569s,01	569s,01
$T$	98°,80	98°,89	98°,64	98°,80
$A$	462s,39	462s,35	462s,40	462s,40
$\vartheta$	12°,03	13°,12	11°,59	11°,39
$\vartheta'$	12°,45	11°,84	11°,54	11°,84

$\Delta \vartheta$	3°,637	3°,537	3°,587	3°,604
$t$	2'	2'	2'	2'
Spec. Wärme	0,03279	0,03246	0,03228	0,03223.
$M (E)$	569 <sup>s</sup> ,01	569 <sup>s</sup> ,01	569 <sup>s</sup> ,01	
$T$	98°,71	98°,74	98°,11	
$A$	462 <sup>s</sup> ,36	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,40	
$\vartheta$	13°,95	11°,92	12°,13	
$\vartheta'$	12°,59	12°,59	12°,59	
$\Delta \vartheta$	3°,487	3°,629	3°,587	
$t$	1' 45"	1' 45"	2'	
Spec. Wärme	0,03248	0,03268	0,03263	
Mittel aus den sieben Versuchen			0,03243.	

Das Platin in einem einzigen Zain gab:

$M$	628 <sup>s</sup> ,0
$T$	98°,29
$A$	462 <sup>s</sup> ,40
$\vartheta$	11°,88
$\vartheta'$	12°,30
$\Delta \vartheta$	3°,737
$t$	7'

Spec. Wärme 0,03197.

Diese Zahl ist weniger zuverlässig als die vorhergehenden, weil der Zain schwieriger im Apparat zu handhaben war.

Der Platinschwamm gab in zwei Versuchen:

$M (E)$	239 <sup>s</sup> ,63	383 <sup>s</sup> ,0
$T$	99°,05	99°,15
$A$	462 <sup>s</sup> ,36	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	11°,46	11°,52
$\vartheta'$	12°,15	10°,79
$\Delta \vartheta$	1°,656	2°,513
$t$	1' 45"	1' 45"
Spec. Wärme	0,03306	0,03281

Der Platinschwamm giebt also ähnliche Resultate

wie das gewalzte und ausgeglühte Platin, doch sind sie etwas stärker.

### P a l l a d i u m.

Das Palladium war mir von Hrn. Bréant geliehen; es enthielt eine Spur von Gold, und stellte eine einige Platte von 3 Millim. Dicke dar.

<i>M</i>	293 $\epsilon$ ,37	293 $\epsilon$ ,37	293 $\epsilon$ ,37
<i>T</i>	98°,42	98°,42	98°,42
<i>A</i>	462 $\epsilon$ ,41	462 $\epsilon$ ,32	462 $\epsilon$ ,32
$\vartheta$	13°,51	14°,31	14°,50
$\vartheta'$	11°,76	11°,93	12°,38
$\Delta\vartheta$	3°,163	3°,088	3°,096
<i>t</i>	2' 30"	2'	2'
Spec. Wärme	0,05974	0,05893	0,05916
Mittel			0,05928.

### G o l d.

Ich arbeitete mit gekörntem Gold von 0,999 Feingehalt, das mir von Hrn. Poissat, Goldscheider, geliefert worden.

<i>M (D)</i>	471 $\epsilon$ ,19	471 $\epsilon$ ,19
<i>T</i>	98°,17	98°,27
<i>A</i>	462 $\epsilon$ ,39	462 $\epsilon$ ,39
$\vartheta$	12°,38	12°,66
$\vartheta'$	9°,54	10°,58
$\Delta\vartheta$	3°,071	3°,063
<i>t</i>	1' 45"	2'
Spec. Wärme	0,03250	0,03238
Mittel		0,03244.

### W o l f r a m.

Das Wolfram wurde dargestellt durch Reduction der im Porcellanrohre erhitzten Wolfrämsäure mittelst Wasserstoff. Es gelingt schwer, es in größeren Quan-

titäten auf diese Weise vollständig im Metallzustand zu erhalten. Ich erhitze es folgeweise drei Mal in einem Strom Wasserstoffgas, ohne es vollständig reducirt zu erhalten.

Die Masse bleibt übrigens in Gestalt eines feinen Pulvers zurück, und eignet sich schwierig zur Bestimmung der spéc. Wärme. Um die Reduction zu vollenden, war ich genöthigt, die Masse in einem beschlagenen Tiegel zu erhitzen. Das halbreducirte Metall wurde stark in den Tiegel gestampft, und darauf zwei Stunden lang einem heftigen Essenfeuer ausgesetzt. Das Wolfram backte zu einer einzigen grauen metallischen Masse zusammen, die hinreichend zusammenhielt, um Stücke daraus zu bilden, die dann in die Messingkörbe gebracht wurden. Unglücklicherweise ist dann das Metall kohlenhaltig, so daß die specifische Wärme ein wenig zu groß ausfallen muß.

$M (F)$	125 <sup>s</sup> ,10	124 <sup>s</sup> ,53	136 <sup>s</sup> ,44
$T$	98°,74	98°,74	99°,05
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,32	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	9°,73	11°,57	10°,02
$\vartheta'$	10°,19	9°,89	9°,74
$\Delta\vartheta$	1°,024	0°,9571	1°,107
$t$	1' 30"	1' 30"	1' 30"
Spec. Wärme	0,03685	0,03616	0,03685
Mittel			0,03636.

#### M o l y b d ä n.

Das Molybdän wurde so erhalten. Erst wurde Molybdänsäure in einer Glasröhre durch einen Strom von Wasserstoffgas unvollständig reducirt, dann das theilweis reducirte Oxyd stark eingestampft in einen beschlagenen Tiegel, und nun heftig im Essenfeuer erhitzt. Daraus entsprang eine einzige zusammengebackene grauweiße Masse, die gleichfalls gekohltes Metall war.

*M*

$M (E)$	65 <sup>s</sup> ,83	64 <sup>s</sup> ,23
$T$	98 <sup>o</sup> ,58	98 <sup>o</sup> ,26
$A$	462 <sup>s</sup> ,32	462 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	11 <sup>o</sup> ,99	12 <sup>o</sup> ,46
$\vartheta'$	12 <sup>o</sup> ,29	12 <sup>o</sup> ,74
$\Delta \vartheta$	1 <sup>o</sup> ,023	0 <sup>o</sup> ,982
$t$	2'	2'
Spec. Wärme	0,07254	0,07182
Mittel		0,07218.

## U r a n.

Das Uran läßt sich aus dem ammoniakalischen Carbonat leicht durch Wasserstoffgas reduciren; allein es stellt dann ein sehr feines Pulver dar. Um es zusammengebacken zu erhalten stampfte ich es in einen beschlagenen Tiegel und erhitzte es darauf im Essenfeuer. Das Uran vereinigt sich alsdaun zu einer einzigen, ziemlich harten dunkelbraunen Masse ohne Metallglanz.

$M (E)$	170 <sup>s</sup> ,50	170 <sup>s</sup> ,25	170 <sup>s</sup> ,14
$T$	98 <sup>o</sup> ,42	98 <sup>o</sup> ,42	98 <sup>o</sup> ,42
$A$	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	10 <sup>o</sup> ,27	10 <sup>o</sup> ,75	11 <sup>o</sup> ,07
$\vartheta'$	10 <sup>o</sup> ,49	9 <sup>o</sup> ,44	9 <sup>o</sup> ,14
$\Delta \vartheta$	2 <sup>o</sup> ,147	2 <sup>o</sup> ,097	2 <sup>o</sup> ,064
$t$	1' 30"	2'	2'
Spec. Wärme	0,06239	0,06191	0,06140
Mittel			0,06190.

## S c h w e f e l.

Der Schwefel wurde durch Destillation gereinigt, dann in eine Röhre gegossen, und nach dem Erstarren in Stücke zerbrochen. So erhalten, ist er ein sehr schlechter Wärmeleiter, weshalb, wenn er heiß in das Wasser getaucht worden, das Maximum sich erst nach sehr langer Zeit einstellt. Die Bestimmung der spec. Wärme



kann also nicht mit großer Schärfe geschehen. Der natürliche Schwefel, so wie der aus Schwefelkohlenstoff krystallisirte, leitet weit besser. In einer künftigen Abhandlung, welche die vergleichende Untersuchung dimorpher Körper umfassen wird, werde ich auf die spezifische Wärme des Schwefels in seinen beiden Krystallformen zurückkommen, und die Veränderungen der spezifischen Wärme bei den so merkwürdigen physikalischen Umwandlungen, die der Schwefel in verschiedenen Temperaturen erleidet, weiter verfolgen.

Drei Versuche mit Schwefel gaben:

$M$ ( $E$ )	104 <sup>s</sup> ,60	93 <sup>s</sup> ,71	105 <sup>s</sup> ,34 ( $B$ )
$T$	97° <sup>o</sup> ,73	97° <sup>o</sup> ,73	97° <sup>o</sup> ,31
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,23
$\vartheta$	13° <sup>o</sup> ,43	13° <sup>o</sup> ,06	16° <sup>o</sup> ,86
$\vartheta'$	13° <sup>o</sup> ,42	12° <sup>o</sup> ,56	14° <sup>o</sup> ,54
$\Delta\vartheta$	3° <sup>o</sup> ,970	3° <sup>o</sup> ,354	3° <sup>o</sup> ,737
$t$	$\frac{0}{6}$	15'	8'
Spec. Wärme	0,20179	0,20153	0,20446
Mittel			0,20259.

#### S e l e n.

Das Selen kam von Hrn. Zincken. Es mochte eine Spur Schwefel enthalten, doch habe ich keine wägbare Menge darin gefunden.

$M$ ( $B$ )	120 <sup>s</sup> ,13	120 <sup>s</sup> ,13	120 <sup>s</sup> ,13
$T$	98° <sup>o</sup> ,42	97° <sup>o</sup> ,63	97° <sup>o</sup> ,79
$A$	462 <sup>s</sup> ,36	462° <sup>o</sup> ,36	462 <sup>s</sup> ,36
$\vartheta$	11° <sup>o</sup> ,93	12° <sup>o</sup> ,27	12° <sup>o</sup> ,89
$\vartheta'$	11° <sup>o</sup> ,24	12° <sup>o</sup> ,07	11° <sup>o</sup> ,76
$\Delta\vartheta$	2° <sup>o</sup> ,022	2° <sup>o</sup> ,006	1° <sup>o</sup> ,989
$t$	1' 53"	2' 2"	1' 25"
Spec. Wärme	0,08349	0,08396	0,08368
Mittel			0,08371.

## T e l l u r.

Das Tellur bildete einen Regulus von blättrigem Bruch. Ich machte zwei Versuche damit, den ersten mit Wasser, den andern mit Terpenthinöl.

Der erstere gab:

$M (A)$	80 <sup>s</sup> ,58	80 <sup>s</sup> ,58
$T$	98 <sup>o</sup> ,42	98 <sup>o</sup> ,11
$A$	462 <sup>s</sup> ,23	461 <sup>s</sup> ,23
$\vartheta$	13 <sup>o</sup> ,84	13 <sup>o</sup> ,92
$\vartheta'$	13 <sup>o</sup> ,27	12 <sup>o</sup> ,52
$\Delta \vartheta$	0 <sup>o</sup> ,965	0 <sup>o</sup> ,974
$t$	1' 32"	1' 30"
Spec. Wärme	0,05045	0,05193.

Der zweite, mit Terpenthinöl, gab:

$M (F)$	63 <sup>s</sup> ,59	63 <sup>s</sup> ,56
$T$	98 <sup>o</sup> ,42	98 <sup>o</sup> ,49
$E_s$	419 <sup>s</sup> ,69	419 <sup>s</sup> ,98
$\vartheta$	11 <sup>o</sup> ,76	10 <sup>o</sup> ,89
$\vartheta'$	10 <sup>o</sup> ,94	9 <sup>o</sup> ,15
$\Delta \vartheta$	1 <sup>o</sup> ,872	1 <sup>o</sup> ,889
$t$	2'	1' 30"
Spec. Wärme	0,05177	0,05205
Mittel		0,05155.

## J o d.

Das zu diesen Versuchen angewandte Jod war durch Destillation gereinigt. Das Destillat wurde abermals in eine Retorte gethan, und so erhitzt, dafs etwa ein Viertel überging, welches alle in der Materie befindliche Feuchtigkeit mit sich nehmen mußte. Das rückständige Jod wurde geschmolzen, in Glasröhren gegossen und diese darauf vor der Lampe verschlossen.

$M (E)$	197 <sup>s</sup> ,48	166 <sup>s</sup> ,12
Glas	29 <sup>s</sup> ,98	19 <sup>s</sup> ,50
$T$	98 <sup>o</sup> ,26	97 <sup>o</sup> ,85

$A$	462 <sup>s</sup> ,45	462 <sup>s</sup> ,45
$\vartheta$	9 <sup>o</sup> ,42	9 <sup>o</sup> ,53
$\vartheta'$	7 <sup>o</sup> ,79	9 <sup>o</sup> ,52
$\Delta\vartheta$	3 <sup>o</sup> ,298	2 <sup>o</sup> ,563
$t$	4' 30"	3' 30"
Spec. Wärme	0,05423	0,05401
Mittel		0,05412.

Diese Zahl weicht sehr ab von der des Hrn. Avodro, der 0,089 fand.

### I r i d i u m.

Das Iridium wurde mir von Hrn. v. Meyendorff geliehen. Es stellte Scheiben von etwa *einem* Centimeter Dicke dar. Das Metall ist gewiss unrein; denn seine Dichtigkeit fand sich 13,176, statt 15,683, die man demselben gewöhnlich beilegt. Hienach ist gewiss, daß die gefundene specifische Wärme sich beträchtlich von der des reinen Metalls entfernen muß. Allein da es sehr schwer hält, sich Iridium im reinen Zustande zu verschaffen, so glaubte ich, es sey nützlich, wenigstens für chemische Betrachtungen, die specifische Wärme angenähert zu kennen. Drei Versuche gaben:

$M (A)$	547 <sup>s</sup> ,85	547 <sup>s</sup> ,85	547 <sup>s</sup> ,85
$T$	98 <sup>o</sup> ,26	97 <sup>o</sup> ,94	98 <sup>o</sup> ,26
$A$	462 <sup>s</sup> ,23	462 <sup>s</sup> ,23	462 <sup>s</sup> ,20
$\vartheta$	17 <sup>o</sup> ,49	16 <sup>o</sup> ,85	18 <sup>o</sup> ,04
$\vartheta'$	17 <sup>o</sup> ,09	16 <sup>o</sup> ,57	15 <sup>o</sup> ,89
$\Delta\vartheta$	3 <sup>o</sup> ,745	3 <sup>o</sup> ,712	3 <sup>o</sup> ,670
$t$	2' 30"	2' 11"	2' 24"
Spec. Wärme	0,03715	0,03663	0,03672.

### Q u e c k s i l b e r.

Durch Destillation gereinigt. In Glasröhren gebracht.

$M (B)$	480 <sup>s</sup> ,01	480 <sup>s</sup> ,01	558 <sup>s</sup> ,58
Glas	19 <sup>s</sup> ,38	19 <sup>s</sup> ,38	16 <sup>s</sup> ,03
$T$	97° 79	97° 79	98° 98
$A$	462 <sup>s</sup> ,39	462 <sup>s</sup> ,41	462 <sup>s</sup> ,39
$\vartheta$	12° 85	11° 72	12° 40
$\vartheta'$	9° 59	10° 24	9° 45
$\Delta \vartheta$	3° 712	3° 812	4° 153
$t$	2' 30"	2' 30"	3'
Spec. Wärme	0,03318	0,03336	0,03343
Mittel			0,03332.

## K o h l e n s t o f f.

Die Kohle bietet bei Bestimmung ihrer specifischen Wärme große Schwierigkeiten dar. In einer gewissen Menge, ist sie äußerst schwer rein darzustellen; überdies erhält man sie immer in Gestalt eines sehr feinen Pulvers, und in diesem Zustande ist sie für unsere Versuche un-  
gemein unvortheilhaft. Ich habe mit Kohle verschiedener Abkunft sehr viele Versuche angestellt; allein selten ist es mir gelungen, sie bloß mit einer kleinen Menge fremd-  
artiger Stoffe zu erhalten. Ich begnüge mich, hier einen Versuch zu geben, der mit wohl, mit Salzsäure gewaschener Holzkohle angestellt worden. Es gelang, ihr etwas Zusammenhalt zu geben, indem ich das Pulver mit einer concentrirten Zuckerlösung anknetete und es darauf abermals glühte. Die Kohle blieb in Gestalt einer porösen Masse zurück, die so viel zusammenhielt, daß sie in die Messingkörbchen gelegt werden konnte. Da sie sehr leicht ist, so war man genöthigt auf die Kohlenstücke eine gewogene Menge Blei zu legen.

$M (F)$	37 <sup>s</sup> ,88
Blei	47 <sup>s</sup> ,36
$T$	97° 79
$A$	462 <sup>s</sup> ,23
$\vartheta$	15° 61
$\vartheta'$	14° 73

$\Delta \vartheta$	1°,972
$t$	4'
Spec. Wärme	0,24111.

Diese specifische Wärme kann nicht streng richtig seyn, da die Kohle noch eine beträchtliche Menge Asche hinterließ; sie kann sich indess nur wenig von der Wahrheit entfernen. Uebrigens werde ich bald Gelegenheit haben, auf die specifische Wärme der Kohle zurückzukommen, die für deren verschiedene Zustände zu untersuchen wichtig ist.

#### P h o s p h o r.

Der Phosphor macht, vermöge seines äußerst niedrigen Schmelzpunkts, eine scharfe Bestimmung seiner specifischen Wärme sehr schwierig.

Bei meinen Versuchen schmolz ich den Phosphor in Glasröhren, und verschloß diese vor der Lampe. Die Röhren wurden in einen Korb gelegt, bis etwa 30° in der Darre erhitzt, und darauf die Bestimmung der specifischen Wärme in Terpenthinöl vorgenommen. Folgendes sind die Ergebnisse eines Versuchs:

$M (G)$	71 <sup>s</sup> ,31
Glas	28 <sup>s</sup> ,40
$T$	30°,21
$E_s$	369 <sup>s</sup> ,51
$\vartheta$	7°,15
$\vartheta'$	6°,82
$\Delta \vartheta$	2°,763
$t$	9'
Spec. Wärme	0,18949.

Dieser Werth ist, wegen der großen Schwierigkeit des Versuchs, nicht streng. Die Darre, in welcher der Phosphor erhitzt wurde, erfüllte die Bedingung, eine stationäre Maximum - Temperatur zu geben, nicht genügend. Wie dem auch sey, so kann doch die obige Zahl

sich nicht sehr von der Wahrheit entfernen, und es war für die Theorie der Chemie von Wichtigkeit, einen angenäherten Werth von der spec. Wärme des Phosphors zu haben.

Hr. Avogadro hat für die spec. Wärme des Phosphors die Zahl 0,385 gefunden, also das Doppelte wie ich. Um keinen Zweifel in dieser Hinsicht übrig zu lassen, bestimmte ich die spec. Wärme des Phosphors zwischen  $0^{\circ}$  und  $100^{\circ}$ , d. h. zwischen Temperaturgränzen, die den starren Zustand bis  $35^{\circ}$  C., den Uebergang aus diesem Zustand in den flüssigen, und endlich den flüssigen Zustand von  $35^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$  C. umfassen.

Zwei Versuche, nach dem gewöhnlichen Verfahren angestellt, gaben:

$M$ (G)	71 <sup>s</sup> ,31	59 <sup>s</sup> ,09
Glas	28 <sup>s</sup> ,40	23 <sup>s</sup> ,50
$T$	98 <sup>o</sup> ,42	97 <sup>o</sup> ,85
$A$	462 <sup>s</sup> ,46	462 <sup>s</sup> ,45
$\vartheta$	8 <sup>o</sup> ,64	10 <sup>o</sup> ,64
$\vartheta'$	10 <sup>o</sup> ,04	9 <sup>o</sup> ,11
$\Delta\vartheta$	4 <sup>o</sup> ,727	3 <sup>o</sup> ,678
$t$	6' 30"	6'
Spec. Wärme	0,25250	0,25034.

Diese Zahlen müssen viel zu groß seyn, weil sie sich meistens auf flüssigen Phosphor beziehen, und sie alle latente Schmelzwärme mit begreifen. Dessenungeachtet sind sie noch weit entfernt von 0,385, der von Hrn. Avogadro gegebenen Zahl. Sie reichen hin zu zeigen, daß die Zahl 0,1895 nicht weit vom wahren Werthe abliegen kann.

#### M a n g a n.

Man kennt keinen Weg, um metallisches Mangan im Zustande der Reinheit zu erhalten. Die Reduction dieses Metalls gelingt nur durch Vermengung des Oxyds

mit Kohle und Erhitzung des Gemenges in einen beschlagenen Tiegel beim möglichst heftigsten Feuer unserer Oefen. Es gelingt dadurch, das Metall in Form eines Regulus zu erhalten; allein es ist dann sehr kohlenhaltig, selbst mehr als das unter gleichen Umständen dargestellte Gufseisen. Mein Zweck bei Anstellung dieser Versuche konnte demnach nicht der seyn, die specifische Wärme des reinen Metalls genau zu erhalten; ich wollte blofs einen genäherten Werth haben, der für chemische Betrachtungen nützlich seyn könnte.

$M (A)$	120 <sup>s</sup> ,66	120 <sup>s</sup> ,66
$T$	97 <sup>o</sup> ,48	97 <sup>o</sup> ,79
$A$	462 <sup>s</sup> ,32	462 <sup>s</sup> ,32
$\vartheta$	14 <sup>o</sup> ,47	14 <sup>o</sup> ,20
$\vartheta'$	12 <sup>o</sup> ,59	10 <sup>o</sup> ,19
$\Delta \vartheta$	3 <sup>o</sup> ,262	3 <sup>o</sup> ,304
$t$	2' 15"	2' 35"
Spec. Wärme	0,14243	0,14578
Mittel		0,14410.

#### Eisen auf verschiedenen Stufen der Kohlung.

Ich habe die specifische Wärme bei mehreren Arten von Kohleneisen bestimmt, um zu sehen, wie sie bei verschiedenen Verhältnissen zwischen Eisen und Kohle sich verändern.

#### Hausmann'scher Stahl.

Er hatte die Gestalt kleiner quadratischer Stangen. Nach den Analysen des Hrn. Berthier enthält er nur 1,33 Kohle.

$M (F)$	176 <sup>s</sup> ,40	176 <sup>s</sup> ,40
$T$	98 <sup>o</sup> ,42	99 <sup>o</sup> ,05
$A$	462 <sup>s</sup> ,20	462 <sup>s</sup> ,20
$\vartheta$	17 <sup>o</sup> ,81	18 <sup>o</sup> ,05
$\vartheta'$	17 <sup>o</sup> ,99	18 <sup>o</sup> ,13

$\Delta \vartheta$	3°,753	3°,737
$t$	1' 30"	1' 30"
Spec. Wärme	0,11896	0,11789
Mittel		0,11848.

Feineisen (*Fine-metal*).

$M (F)$	201 <sup>s</sup> ,89
$T$	98°,58
$A$	462 <sup>s</sup> ,10
$\vartheta$	19°,96
$\vartheta'$	19°,64
$\Delta \vartheta$	4°,452
$t$	1' 45"
Spec. Wärme	0,12728.

Weiß-Roheisen (*Fonte blanche* \*).

$M (F)$	198 <sup>s</sup> ,29	198 <sup>s</sup> ,29
$T$	98°,58	98°,42
$A$	462 <sup>s</sup> ,20	462 <sup>s</sup> ,20
$\vartheta$	19°,29	19°,22
$\vartheta'$	17°,84	17°,39
$\Delta \vartheta$	4°,486	4°,461
$t$	1' 30"	1' 30"
Spec. Wärme	0,12983.	

Ich werde nun die eben gegebenen Resultate über die specifische Wärme in Eine Tafel zusammenstellen, und sie dabei in mehrere Gruppen theilen.

In der ersten Gruppe, betitelt *Vorläufige Bestimmungen*, stelle ich die specifische Wärme derjenigen Substanzen, deren Kenntniss nöthig war, um die Versuche zu berechnen.

Die zweite Gruppe umfasst die specifische Wärme einfacher starrer Körper, und zerfällt in drei Abtheilungen: *A, B, C*. Die Abtheilung *A* begreift die einfachen Kör-

\*) Aus Burgund, mit Holzkohlen dargestellt.



per, die im Zustande vollkommener Reinheit untersucht werden konnten, und deren specifische Wärme also als richtig betrachtet werden muß. Die Abtheilung *B* umschließt die Metalle, die nur in einem beschlagenen Tiegel reducirt werden konnten, und deshalb etwas kohlenhaltig waren. Die specifische Wärme dieser ist etwas zu hoch; allein leicht ist aus dem Vergleich der mit Eisen, Nickel und Kobalt im Zustande geringerer oder größerer Kohlung erhaltenen Resultate zu beurtheilen, um wie viel die Zahlen verringert werden müssen, damit sie auf reine Metalle anwendbar seyen. Hinzugefügt ist die specifische Wärme der Kohle und die des Phosphors, welche ich nicht als definitiv betrachte, und bald möglichst näher bestimmen werde.

In die dritte Abtheilung *C* sind diejenigen einfachen Körper gestellt, die ich nicht anders als mit einer bedeutenden Menge fremder Stoffe verbunden erhalten habe. Bei diesen dürfen die gefundenen specifischen Wärmen nur als mehr oder weniger entfernte Annäherungen betrachtet werden, die für die Theorie der Chemie nützlich seyn können. Diese Abtheilung begreift nur zwei Substanzen, *Mangan* und *Iridium*.

Die dritte Gruppe umfaßt endlich die einfachen flüssigen Körper. Quecksilber ist die einzige Substanz dieser Kategorie, deren specifische Wärme bestimmt wurde. Ich hoffe, bald die von *Brom* hinzufügen zu können, wann es mir gelungen seyn wird, dasselbe im Zustande der Reinheit zu erhalten.

Die Tafel zerfällt in mehrer Spalten, deren Bedeutung aus den Ueberschriften erhellt <sup>1</sup>).

1) Das Original enthält noch eine Spalte mehr, nämlich in dieser die Angabe aller einzelnen Resultate; hier sind nur, wenn mehrere Bestimmungen gemacht wurden, die Mittelwerthe gegeben, da man die Ergebnisse der einzelnen Versuche schon in dem Früheren besitzt.

S u b s t a n z e n.	Specifische Wärme.		Atomgewicht		Product aus der spec. Wärme in d. Atome- wicht.
	Mittelwerthe nach Regnault.	nach Dulong und Petit <sup>1)</sup> .	nach Berzelius.	von Regnault angenommen.	

Gruppe I. — Vorläufige Bestimmungen.

Messing . . . . .	0,09391				
Glas . . . . .	0,19768				
Wasser . . . . .	1,0080				
Terpenthinöl . . . . .	0,42593				

Gruppe II. — Starre einfache Körper.

A b t h e i l u n g . A.

Eisen . . . . .	0,11379	0,1100	339,21	339,21	38,597
Zink . . . . .	0,09555	0,0927	403,23	403,23	38,526
Kupfer . . . . .	0,09515	0,0949	395,70	395,70	37,849
Kadmium . . . . .	0,05669		696,77	696,77	39,502
Silber . . . . .	0,05701	0,0557	1351,61	675,80	38,527
Arsen . . . . .	0,08140	0,081 A	470,04	470,04	38,261
Blei . . . . .	0,03140	0,0293	1294,50	1294,50	40,647
Wismuth . . . . .	0,03084	0,0288	886,92	1330,37	45,034
Antimon . . . . .	0,05077	0,0507	806,45	806,45	40,944

1) oder Avogadro, in welchem Fall neben der Zahl ein A steht.

S u b s t a n z e n.	Specifische Wärme		Atomgewicht		Product aus der spec. Wärme in d. Atome- wicht.
	Mittelwerthe nach Regnault.	nach Dulong und Petit.	nach Berzelius.	von Regnault angenommen.	
Zinn, von Banca . . . . .	0,05623	0,0514	735,29	735,29	41,345
Zinn, von England . . . . .	0,05695				
Nickel (aus d. Oxalat) . . . . .	0,10863	0,1035	369,68	369,68	40,160
Kobalt (dito dito) . . . . .	0,10696	0,1498	368,99	368,99	39,468
Platin, gewalzt . . . . .	0,03243	0,0314	1233,50	1233,50	39,993
Platin, Schwamm . . . . .	0,03293				
Palladium . . . . .	0,05927		665,90	665,90	39,468
Gold . . . . .	0,03244	0,0298	1243,01	1243,01	40,328
Schwefel . . . . .	0,20259	0,1880	201,17	201,17	40,754
Selen . . . . .	0,0837		494,58	494,58	41,403
Tellur . . . . .	0,05155	0,0912	801,76	801,76	41,549
Jod . . . . .	0,05412	0,089 A	789,75	789,75	42,703

## A b t h e i l u n g B.

Uran . . . . .	0,06190		2711,36	677,84	41,960
Wolfram . . . . .	0,03636		1183,00	1183,00	43,002
Molybdän . . . . .	0,07218		598,52	598,52	43,163
Nickel, ungeschmolzen, kohlenhalt. . .	0,11192			369,68	41,376

Nickel, geschmolzen, mehr kohlenh.	0,11631			369,68	42,999
Kobalt, dito	0,11712			368,99	43,217
Stahl, Hausmann'scher	0,11848			339,21	40,172
Feineisen	0,12728			339,21	
Weisroheisen	0,12983			339,21	44,038
Kohle	0,24111	0,25	A	152,88	36,873
Phosphor, von 10° bis 30°	0,1887	0,385	A	196,14	37,024
dito von 0° bis 100°	0,25142				

A b t h e i l u n g C.

Iridium, unrein	0,3683			1233,50	45,428
Mangan, sehr kohlenhaltig	0,14411			345,89	49,848

Gruppe III. — einfache flüssige Substanz.

Quecksilber	0,03332	0,0330		1265,82	42,149
-------------	---------	--------	--	---------	--------

Vergleicht man die von Dulong und Petit gefundenen Zahlen mit den meinigen, so sieht man, daß letztere im Allgemeinen etwas größer sind. Die Unterschiede rühren wahrscheinlich von dem Verfahren her. Bei ihren Versuchen nach der Mengungsmethode erhitzten Dulong und Petit die Substanzen durch längeres Eintauchen in siedendes Wasser, und darauf brachten sie dieselben in das Wasser des Kühlgefäßes. Während dieses Transports durch die Luft mußte nun vermöge der Verdunstung des Wassers, welches die Oberfläche der Körper benetzte, ein sehr bedeutender Wärmeverlust stattfinden.

Die directe Probe, welcher ich mein Verfahren durch Bestimmung der specifischen Wärme des Wassers unterwarf, zeigt hinreichend, daß meine Zahlen nur sehr geringe Unsicherheiten mit sich führen können.

Größere Unterschiede zwischen meinen Resultaten und denen von Dulong und Petit bemerkt man beim Kobalt und Tellur. Kobalt und Nickel haben eine gleiche specifische Wärme, und dadurch verschwindet eine der hauptsächlichsten Anomalien in dem Dulong-Petit'schen Gesetz. Die specifische Wärme des Tellurs ist kaum die Hälfte der von diesen Physikern gegebenen. Ich stehe nicht an, diese Abweichungen den Unsicherheiten der Erkaltungsmethode zuzuschreiben, wie ich schon vorhin zu zeigen gesucht habe.

Sehen wir nun, ob die Werthe, welche ich für die specifische Wärme einfacher Körper gefunden, das Gesetz der Atome bestätigen. Dazu bedarf es, daß die in der letzten Spalte der Tafel enthaltenen Zahlen, welche die Producte der specifischen Wärme in die zugehörigen Atomgewichte vorstellen, constant bleiben.

Nun sieht man, daß diese Zahlen von 38 bis 42 schwanken <sup>1)</sup>, d. h. um weit beträchtlichere Größen als aus Beobachtungsfehlern hervorgehen könnten. Das Ge-

1) In diesen Vergleich darf man offenbar nur die einfachen Körper der Abtheilung A aufnehmen.

setz der Atome bestätigt sich also nicht auf eine absolute Weise; erwägt man aber, daß die Atomgewichte der in der Tafel aufgeführten einfachen Körper von 200 bis 1400 gehen, die Producte aus den specifischen Wärmen in die Atomgewichte aber zwischen 38 und 42 eingeschlossen bleiben, so wird man überzeugt seyn, daß das Dulong-Petit'sche Gesetz, wenn auch nicht als ganz streng, doch wenigstens als sehr der Wahrheit nahe kommend angesehen werden muß.

Wahrscheinlich würde dieß Gesetz die Resultate der Erfahrung ganz streng darstellen, wenn man die specifische Wärme bei jedem Körper für einen bestimmten Punkt der Thermometerskala nehmen und zugleich die specifische Wärme von allen die Beobachtung abändernden fremden Ursachen befreien könnte. Diese Ursachen können verschiedener Art seyn.

Körper, die, bevor sie schmelzen, den Zustand der Weichheit durchlaufen, enthalten wahrscheinlich schon, ehe sie fließen, einen Theil ihrer Schmelzwärme, die sich, bei dem Versuch, der specifischen Wärme addirt. Andererseits ergibt sich die specifische Wärme, wie wir sie bestimmten, aus der Beobachtung der Wärmemenge, die der Körper absorbiren muß, um seine Temperatur zu erhöhen; dieß ist nun, genau gesprochen, seine specifische Wärme plus der Wärmemenge, die er aufnehmen mußte, um sich auszudehnen. Diese letztere Wärmemenge, die man *latente Ausdehnungswärme* nennen könnte, fügt sich, bei dem Versuch, der specifischen Wärme hinzu; sie ist sehr groß bei den Gasen, weit schwächer bei den starren und flüssigen Körpern, allein in keinem Fall zu vernachlässigen, und muß nothwendig die beobachtete specifische Wärme in merklicher Weise abändern.

Alle Fehlerquellen sind noch verwickelt durch die willkürliche Wahl des Punktes, von welchem aus man bei jedem Körper das Steigen der Temperatur rechnet;

eine Wahl, die durch keine physische Eigenschaft, wie der Schmelz- oder Siedpunkt der Substanz, bedingt wird, sondern gleich ist für Körper von gänzlich verschiedener Natur.

Die Zunahme der specifischen Wärme mit der Temperatur reicht allein hin zu zeigen, wie nothwendig es sey, für jede Substanz einen mit deren Eigenthümlichkeiten in Beziehung stehenden Ausgangspunkt zu wählen, weil es keinen Grund giebt, daß diese Zunahme, welche wahrscheinlich einem Gesetz unterworfen ist, dieß Gesetz zur Evidenz bringe, wenn man es für jeden Körper von einem Zahlenwerth aus bestimmt, der sicher nicht für alle gleiche Lage hat auf der Curve, die dieß Gesetz in Function der Temperatur ausdrückt.

Uebrigens bin ich überzeugt, daß die specifische Wärme eines Körpers sich merklich verändern kann, wenn dieser in seiner Dichtigkeit eine Veränderung gleicher Ordnung erleidet. So z. B. erleidet das *Kupfer*, dessen Dichtigkeit beim Harthämmern bedeutend zunimmt, eine sehr merkliche Verringerung in seiner specifischen Wärme; und diese nimmt ihren ursprünglichen Werth wieder an, wenn das Metall ausgeglüht wird.

Wohl schmiedbares Kupfer gab, bei zwei Versuchen, für seine specifische Wärme die Zahlen 0,09501 und 0,09455.

Dasselbe Kupfer, kalt gehämmert, gab, bei zwei Versuchen, für die specifische Wärme 0,09360 und 0,9332, Zahlen, die sehr bedeutend schwächer sind als die vorhergehenden.

Nachdem dasselbe Kupfer in einer guten Rothglühhitze angelassen worden, fand man für seine specifische Wärme 0,09493 und 0,09479, d. h. den ursprünglichen Werth.

Blei und Zinn erlitten unter dem Prägstock keine Aenderung, sowohl in der Dichte als in der specifischen Wärme.

Eine Reihe ähnlicher Versuche habe ich mit Substanzen begonnen, die bei gleicher Temperatur merklich verschiedene Dichtigkeiten darbieten können, wie z. B. gehärtetes und gekühltes Glas. Diese Versuche gehören natürlich in das Kapitel, worin ich die dimorphen Körper behandeln werde. Bekanntlich ist bei diesen die Dichte oft sehr beträchtlich verschieden. Das Wenige, was ich so eben über die Veränderung der specifischen Wärme eines Metalls bei dessen Härtung gesagt, wird genügend die Nothwendigkeit zeigen, die Versuche mit Substanzen anzustellen, deren Theilchen ihre natürliche Lage wohl angenommen haben, z. B. mit Substanzen, die nach dem Schmelzen langsam erkaltet sind. Diese Bedingungen lassen sich in der Praxis aber nicht immer erfüllen.

Man sieht hieraus, daß die Aufsuchung des Gesetzes, welches die specifische Wärme  $\gamma$  der Körper mit deren Atomgewicht  $x$  verknüpft, darin besteht, die Form einer zugleich andere Variabeln enthaltenden Function  $F(x, \gamma, u, v \text{ etc.})$  zu bestimmen, während man bloß eine Reihe numerischer Werthe von  $\gamma$  und die entsprechenden Werthe von  $x$  kennt. Die Form der Function würde sich in Strenge kund geben, wenn nicht, bei Variation von  $x$ , zugleich  $u$  und  $v$  mit  $\gamma$  variirten; allein da diese gleichzeitige Veränderung immer stattfindet, und man bisher zur Ermittlung des Einflusses dieser, der glücklicherweise bei der Wärmecapacität starrer und flüssiger Körper ziemlich schwach ist, keinen Weg kennt, so kann die Form der Function sich nur in angenäherter Weise zwischen den Zahlenwerthen von  $\gamma$  und  $x$  zu erkennen geben. Das ist vermuthlich der wahre Grund, weshalb das Dulong-Petit'sche Gesetz nicht streng aus den beobachteten Zahlen hervorgeht.

Ich habe in dieser Abhandlung nicht immer die Berzelius'schen Atomgewichte angenommen. Um mich für jetzt auf die Abtheilung  $A$  der Tafel zu beschränken,



da aus ihr allein das Gesetz der specifischen Wärme der Atome hervorgehen kann, so sieht man, daß das Atomgewicht des Silbers die Hälfte von dem Berzelius'schen ist, das des Wismuths 1330 statt 887.

Das von Berzelius angenommene Atomgewicht des Silbers, 1351, setzt voraus, das Silberoxyd sey  $\text{RO}$ , entspreche dem Bleioxyd, dem schwarzen Kupferoxyd. Nun aber wissen alle Mineralogen aus den schönen Beobachtungen von Gustav und Heinrich Rose sehr gut, daß das Schwefelsilber als isomorph mit dem Einfach-Schwefelkupfer  $\text{Cu}^2\text{S}$  betrachtet werden muß, und daß es dieses in dem Fahlerz und den Bournoniten ersetzen kann. Das Silberoxyd entspricht hienach dem Kupferoxydul und dem Quecksilberoxydul, und das allgemein für das Silber angenommene Atomgewicht wird durch zwei dividirt werden müssen.

Berzelius hat lange Zeit mit den übrigen Chemikern für das Atomgewicht des Wismuths die Zahl 1330 angenommen; diese gab dem Wismuthoxyde die Formel  $\text{Bi}^2\text{O}^3$ , und stellte es dem Antimonoxyde an die Seite; allein seit Stromeyer ein höheres Wismuthoxyd entdeckte, hielt er für nothwendig, das bis dahin angenommene Atomgewicht aufzugeben und dafür die Zahl 887 zu nehmen, weil die von diesem Chemiker gemachte Analyse des Hyperoxyds kein einfaches Verhältniß mit dem alten Atomgewicht ergab, wogegen man mit dem neuen die Reihe  $\text{BiO}$  und  $\text{BiO}^{\frac{3}{2}}$  hat. Das Wismuthoxyd entspräche hienach dem Bleioxyd; allein diese Annahme widerstreitet allen Analogien. Das Schwefelwismuth ist keineswegs mit dem Schwefelblei isomorph; vielmehr besitzt es, nach Phillips, eine Krystallform, ähnlich der des Schwefelantimons. Jacquelin's Versuche über verschiedene Wismuthverbindungen machen es ungemein wahrscheinlich, daß das Stromeyer'sche Hyperoxyd gleiche Zusammensetzung wie die antimonige Säure habe, und das Wismuthchlorid isomorph sey mit

dem Antimonchlorid. Hienach glaube ich, daß an der Nothwendigkeit, zum alten Atomgewicht zurückzukehren, kein Zweifel übrigbleiben könne.

Wohl fest gestellt, würde das Gesetz der specifischen Wärme der Atome ein entscheidendes Kennzeichen abgeben zur Bestimmung des Werthes der Atomgewichte von einfachen Substanzen, deren chemische Charaktere nicht so scharf oder nicht so vollständig bekannt sind, um unter mehren gleich wahrscheinlichen Zahlen die richtige Wahl zu treffen. Wenden wir dießs Gesetz auf die in der Abtheilung *B* enthaltenen Substanzen an, so finden wir darin zwei einfache Körper, für welche man die gegenwärtig angenommenen Atomgewichte abändern müßte, nämlich: Uran und Kohle.

Das bisher für das Uran angenommene Atomgewicht ist 2711, — übermäfsig groß, doppelt so groß als die höchsten Atomgewichte der übrigen einfachen Körper. Nach der specifischen Wärme des Urans muß man das Atomgewicht desselben auf 677,84, d. h. auf ein Viertel reduciren, und das Uranoxydul als  $U^4O$  betrachten. Unglücklicherweise sind uns die Verbindungen des Urans bisher so unvollkommen bekannt, daß man sich unmöglich derselben zu Betrachtungen über die Feststellung des Atomgewichts dieses Körpers bedienen kann. Ich habe einige Versuche zur Ausfüllung dieser Lücke unternommen.

Das von Berzelius für die Kohle angenommene Atomgewicht müßte verdoppelt werden; dießs gäbe für die Verbindungen dieses Körpers mit dem Sauerstoff die Formeln:

Kohlenoxyd	$CO^2$
Kleesäure	$CO^3$
Koblensäure	$CO^4$ .

Die neutralen kohlensauren Salze würden sonach basische, und die sauren neutrale.

Ich will hier nicht alle chemischen Betrachtungen

entwickeln, auf die man sich zu Gunsten dieses Atomgewichts der Kohle stützen könnte; ich verspare sie für eine künftige Arbeit, in welcher ich die specifische Wärme organischer Verbindungen untersuchen werde. Ich begnüge mich mit der Bemerkung, daß dies neue Atomgewicht eine von allen Chemikern beobachtete Thatsache erklären würde, nämlich daß man bei all den organischen Verbindungen, über deren Aequivalent keine Ungewißheit herrscht, die *Anzahl der Kohlenatome* durch zwei dividiren kann. Als Ausnahme von dieser allgemeinen Thatsache kenne ich nur einige organische Säuren, z. B. Gallussäure, Brenzweinsäure, Brenzcitronensäure. Hr. Liebig hat neuerlich gezeigt, daß mehre dieser Säuren als bibasische Säuren zu betrachten seyen und ihre Formel verdoppelt werden müsse; dies macht die Anzahl der Kohlenatome ebenfalls durch zwei theilbar.

Beim Bor und Kiesel würde die specifische Wärme ein sehr schätzbares Datum seyn, um das Atomgewicht festzustellen, das bei diesen Körpern bisher nur auf recht schwankende Betrachtungen, und durch mehr oder weniger entfernte Analogien bestimmt werden konnte. Ich habe mir bis jetzt nur sehr geringe Mengen von diesen Substanzen verschaffen können, habe indess doch einige Versuche gemacht, ihre Wärmecapacität nach der Erkaltungsmethode zu bestimmen. Bald hoffe ich die Resultate geben zu können, vereint mit den specifischen Wärmen anderer Metalle, die ich mir ebenfalls nur in geringer Menge verschaffen konnte, nämlich Chrom, Titan und Rhodium. Auch habe ich die specifische Wärme einer großen Zahl zusammengesetzter Körper bestimmt, doch sind die Versuche noch nicht so vollständig, daß sie verdienten der Academie vorgelegt zu werden.

IV. Ueber die Spiralen der Ammoniten;  
von Carl Friedrich Naumann in Freiberg.

(Fortsetzung von Bd. L S. 236.)

§. 5. Einige allgemeine Eigenschaften der  
Conchospiralen.

Ehe ich in meinen eigenen Darstellungen fortfahre, muß ich, um jedem Verdachte der unrechtmäßigen Priorität zu begegnen, Folgendes bemerken. Bald nach dem Abdrucke meines ersten Aufsatzes (Annal. Bd. L S. 223) wurde ich durch eine freundliche Mittheilung des Hrn. Leopold von Buch davon in Kenntniß gesetzt, daß ganz ähnliche Untersuchungen über die geometrische Gesetzmäßigkeit der gewundenen Conchylien schon vor zwei Jahren von Hrn. Prof. Moseley in den philosophischen Transactionen bekannt gemacht worden sind. Es ist mir jetzt endlich durch die Güte Sr. Excellenz des Hrn. Staatsministers von Lindenau geglückt, Moseley's wichtige Abhandlung studiren zu können. Sie findet sich in den *Philosophical transactions for the year, 1838, p. 351 ff.*, unter dem Titel: *On the geometrical forms of turbinated and discoid shells*. Herr Moseley erkannte das Gesetz der *logarithmischen Spirale* zunächst in den Zuwachsstreifen des *Operculum* von *Turbo* und andern Geschlechtern, und dann in der geometrischen Progression der Windungsabstände; er bestimmte die *Windungsabstände* mehrerer Species (z. B. für *Nautilus Pompilius*  $q=3$ , für *Turbo duplicatus*  $q=1,18$ , für *Turbo phasianus*  $q=\frac{7}{4}$ , für *Buccinum subulatum*  $q=1,13$ ); er erkannte die *Wichtigkeit* dieses Quotienten als einer charakteristischen Zahl für die Bestimmung der Species, und entwickelte nicht nur mehre

sehr sinnreiche Betrachtungen über die *Wachstums-Gesetze* der Conchylien, sondern gab auch *mathematische Formeln* für die Area und den Schwerpunkt der Conchoidal-Oberflächen, und für das Volumen und den Schwerpunkt der Conchoidal-Körper. Hrn. Moseley gebührt daher das Verdienst der Entdeckung des Grundgesetzes der gewundenen Conchylien; ihm gebührt das Verdienst, einen, zeither der Mathematik unzugänglich gebliebenen Zweig der Naturgeschichte in das Gebiet der exacten Wissenschaften eingeführt zu haben. Mich aber freut es, in seiner schönen Arbeit eine Bürgschaft für die Richtigkeit meiner eigenen Forschungen und eine Aufforderung zur weiteren Verfolgung des eingeschlagenen Weges gefunden zu haben.

---

In der Voraussetzung, daß auch die Ammoniten und die mit ihnen verwandten Formen nach dem Gesetze der Conchospirale (oder logarithmischen Spirale) gewunden sind, will ich nun versuchen mehre Folgerungen über die Natur dieser Formen und einige Hülfsmittel zur genaueren Bestimmung derselben abzuleiten. Da ich jedoch nicht voraussetzen kann, daß allen Denjenigen, welche sich für diese Betrachtungen interessiren dürften, die Eigenschaften der Conchospirale sogleich gegenwärtig seyn werden, so will ich vorher einige, für unsere Zwecke besonders wichtige Eigenschaften in Erinnerung bringen, welche sich ohne Weiteres aus der Gleichung

$r = a q^{\frac{v}{2\pi}}$  ergeben.

- 1) *Die Conchospiralen haben ihren Anfang nicht im Mittelpunkte oder Pole des Axensystems, sondern in einem bestimmten Punkte außerhalb desselben.*

Der Anfang der Linie liegt nämlich da wo  $v = 0$  ist; für diesen Werth wird aber  $r = a$ , welche Gröfse wir künftig den *Parameter* der Conchospirale nennen

wollen. Wenn also (Taf. I Fig. 10)  $C$  der Mittelpunkt der Spirale und  $CA = a$  ist, so beginnt die Spirale bei  $A$ , um nun in der Richtung  $ABR$  unzählige, immer größere Windungen zu machen. Der Parameter  $a$  ist ein Element, dessen Bestimmung nur auf dem Wege directer Beobachtung zu erlangen ist.

Von dem Anfangspunkte  $A$  aus *entfernt* sich die Conchospirale für *positive*  $\nu$  (d. h. für alle, nach der *einen* Richtung  $AB$  stattfindenden Drehungen des Radius Vector), in *zahllosen*, immer *größeren* Windungen vom Mittelpunkte  $C$  in die Unendlichkeit hinaus. Für *negative*  $\nu$  dagegen (oder für die in *entgegengesetzter* Richtung  $AD$  stattfindenden Drehungen des Radius Vector) *nähert* sich die Conchospirale in *zahllosen*, immer *kleineren* Windungen dem Mittelpunkte, ohne ihn doch jemals zu erreichen. Der Mittelpunkt oder Pol ist ein asymptotischer Punkt der Curve, welche sonach von ihrem Anfangspunkte aus nach entgegengesetzten Richtungen in einem *äußeren* (positiven) centrifugalen, und in einem *inneren* (negativen) centripetalen Theil zerfällt. An gegenwärtigem Orte haben wir es immer nur mit dem *äußeren*, *positiven* Theile der Spirale zu thun.

2) *Die successiven singulodistanten Windungsabstände bilden in der Conchospirale eine geometrische Progression vom Quotienten  $q$ .*

Aus §. 2 wird man sich erinnern, daß ich unter singulodistanten Radien solche Radien verstehe, welche genau um eine *ganze* Windung (oder um den Winkel  $\nu = 2\pi$ ) aus einander liegen. So sind z. B.  $CA$ ,  $CR$ ,  $CR'$  drei, auf einander folgende singulodistante Radien. Da nun

$$\begin{array}{lll} \text{für } CA \text{ der Bogen } \nu = 0 \\ - CR - & \nu = 2\pi \\ - CR' - & \nu = 4\pi \end{array}$$

ist u. s. w., so folgt, daß sich

$$CA : CR : CR' \text{ etc.} = a : aq : aq^2 \text{ etc.}$$

verhalten. Hieraus ergibt sich aber fernerweit, daß auch die singulodistanten Windungsabstände  $AR, RR'$  u. s. w. eine geometrische Progression von *demselben* Quotienten bilden müssen. Denn es haben diese Abstände successiv die Werthe  $a(q-1)$ ,  $a(q-1)q$ ,  $a(q-1)q^2$ , welche offenbar nach einer geometrischen Progression von dem Quotienten  $q$  fortschreiten.

3) *An jeder Conchospirale ist der Neigungswinkel der Tangente gegen den Radius constant.*

Diese sehr charakteristische Eigenschaft der Conchospirale läßt sich leicht aus ihrer Gleichung ableiten, wenn man den allgemeinen Ausdruck der Subtangente einer Curve für polare Coordinaten zu Grund legt; es ist nämlich:

$$\text{Subtang.} = \frac{r^2 \frac{d\varphi}{dr}}{dr}.$$

Substituirt man hierin den, aus der Gleichung  $r = a q^{\frac{\varphi}{2\pi}}$  abzuleitenden Werth des Differentialquotienten  $\frac{d\varphi}{dr}$ , so folgt für die Conchospirale:

$$\text{Subtang.} = \frac{2\pi r}{\log q}.$$

Es findet sich aber der Neigungswinkel  $\omega$  des Radius gegen die Tangente, indem man die Subtangente durch den Radius dividirt; also wird:

$$\tan \omega = \frac{2\pi}{\log q}.$$

Da nun  $\pi$  und  $q$  constante Größen sind, so folgt, daß der Winkel  $\omega$  an jedem beliebigen Punkte *genau denselben Werth* hat, oder für eine und dieselbe Spirale eine *constante GröÙe* ist.

## §. 6. Ueber die Diameter und Radien der Conchospirale.

- 1) Irgend ein *Diameter*  $D$  der Conchospirale besteht allemal aus der Summe zweier semissodistanter Radien. Ist also der *eine* dieser Radien:

$$r = a q^{\frac{x}{2\alpha}},$$

so wird der *andere*:

$$r' = a q^{\frac{x}{2\alpha}} q^{\frac{1}{2}}$$

und daher:

$$D = r' + r = a q^{\frac{x}{2\alpha}} (1 + q^{\frac{1}{2}}).$$

Für irgend einen der folgenden, größeren Durchmesser  $D'$ , welcher mit dem ersteren den Winkel  $x$  bildet, wird eben so

$$D' = a q^{\frac{x}{2\alpha}} (1 + q^{\frac{1}{2}}) q^{\frac{x}{2\alpha}},$$

und es haben daher überhaupt zwei, um den Winkel  $x$  distante Diameter  $D$  und  $D'$  das Verhältniß:

$$\frac{D'}{D} = q^{\frac{x}{2\alpha}}.$$

Für zwei *quadrantodistante* oder sich rechtwinklich schneidende Diameter eines und desselben Umganges wird also:

$$\frac{D'}{D} = q^{\frac{1}{2}} \text{ oder } \left(\frac{D'}{D}\right)^4 = q,$$

und für die beiden coïncidirenden *semissodistanten* Diameter, oder, was dasselbe ist, für den größten und kleinsten Diameter eines und desselben Umganges wird:

$$\frac{D'}{D} = q^{\frac{1}{2}} \text{ oder } \left(\frac{D'}{D}\right)^2 = q,$$

so wie endlich für *singulodistante* Diameter  $\frac{D'}{D} = q$ .

- 2) Die *Abstände* je zweier *semissodistanter* (und daher einander paralleler) *Tangenten* sind denen, durch die betreffenden Berührungspunkte gehenden Diametern proportional.



Man denke sich durch die beiden Endpunkte eines Diameters Tangenten gelegt, so folgt aus der, im vorhergehenden §. erläuterten Gleichheit der Neigungswinkel aller Radien gegen ihre Tangenten, daß diese beiden Tangenten einander *parallel* seyn müssen. Der gegenseitige Abstand  $S$  beider Tangenten wird aber offenbar bestimmt durch:

$$S = D \sin \omega,$$

wenn  $\tan \omega = \frac{2\pi}{\log q}$ .

Für irgend zwei Diameter  $D$  und  $D'$  wird daher:

$$D : D' = S : S',$$

und folglich auch, wenn diese Diameter um den Winkel  $x$  distant sind:

$$\frac{S'}{S} = q^{\frac{x}{2\pi}}.$$

Diese Abstände gegenüberliegender Tangenten bilden ein sehr brauchbares Beobachtungselement zur Bestimmung des Quotienten  $q$ , weil sie sich leicht und genau messen lassen. Auch führen sie auf die Bestimmung der Diameter, deren *directe* Messung nicht wohl zu bewerkstelligen ist, indem

$$D = \frac{1}{\sin \omega} S$$

ist.

- 3) Die *Radien* lassen sich ebenfalls *nicht* unmittelbar messen, weil der Mittelpunkt der Spirale ganz unsicher ist und nur ganz ungefähr bestimmt werden kann. Ist jedoch ein *Diameter* gefunden worden, so kann man ihn sehr leicht in seine beiden *Radien* zerfällen. Da nämlich:

$$D = r' + r = r(1 + q^{\frac{1}{2}}),$$

so bestimmt sich aus dem gefundenen Diameter:

der kleinere Radius,  $r = \frac{1}{1 + \sqrt{q}} D$ , und

der größere Radius,  $r' = \frac{\sqrt{q}}{1 + \sqrt{q}} D$

## §. 7. Rectification und Quadratur der Conchospirale.

- 1) Für irgend einen Radius  $r$  sey  $s$  die Länge des zugehörigen Spiralbogens, oder desjenigen Theiles der Conchospirale, welcher zwischen den Radien  $a$  und  $r$  enthalten ist. Nach bekannten Regeln bestimmt sich allgemein:

$$ds = \sqrt{r^2 d\varphi^2 + dr^2}.$$

Nun folgt aus der Gleichung:

$$r = a q^{\frac{\varphi}{2\pi}},$$

dafs

$$r d\varphi = \frac{2\pi dr}{\log q}.$$

Substituirt man diesen Werth in der allgemeinen Differentialgleichung des Bogens, so folgt für den Bogen der Conchospirale:

$$ds = \frac{dr \sqrt{4\pi^2 + \log^2 q}}{\log q} = dr M,$$

woraus sich durch Integration ergibt:

$$s = r M + \text{Const.}$$

Weil für  $r=a$  der Bogen  $s=0$  ist, so wird  $\text{Const.} = -a M$ , also:

$$s = (r - a) M$$

$$= a(q^{\frac{\varphi}{2\pi}} - 1) M.$$

Eben so bestimmt sich für irgend einen andern Radius  $r'$ , welcher dem Kreisbogen  $\varphi + x$  entspricht:

$$s' = (r' - a) M$$

$$= a(q^{\frac{\varphi+x}{2\pi}} - 1) M.$$

Setzt man  $x=2\pi$ , so folgt die Länge  $U$  irgend eines vollständigen, zwischen den Kreisbogen  $\varphi$  und  $\varphi+2\pi$  enthaltenen Umganges der Conchospirale:

$$U = s' - s = a q^{\frac{\varphi}{2\pi}} (q - 1) M.$$

Hieraus ergibt sich für jede Conchospirale:

$$\begin{aligned}
\text{Länge des ersten Umganges} &= a(q-1)M \\
- \quad - \quad \text{zweiten} \quad - &= aq(q-1)M \\
- \quad - \quad \text{dritten} \quad - &= aq^2(q-1)M \\
- \quad - \quad \text{vierten} \quad - &= aq^3(q-1)M \\
&\text{u. s. w., und allgemein:}
\end{aligned}$$

Länge des  $n$ ten Umganges  $= aq^{n-1}(q-1)M$ .  
 Die Längen der successiven Umgänge wachsen daher gleichfalls nach einer geometrischen Progression vom Quotienten  $q$ .

2) Bezeichnet man den gesammten *Flächenraum*, welchen der Radius Vector bei seinen successiven Umgängen bis zu dem Kreisbogen  $\sigma$  beschrieben hat, mit  $f$ , so ist das Differential dieses Flächenraums:

$$df = \frac{1}{2} r^2 d\sigma,$$

oder, nach Substitution des Werthes von  $d\sigma$ :

$$df = \frac{\pi r dr}{\log q}.$$

Hieraus folgt, unter Berücksichtigung, daß für  $r=a$   $f=0$  ist:

$$f = (r^2 - a^2) \frac{\pi}{2 \log q}.$$

Eben so bestimmt sich für irgend einen andern Radius  $r'$  der gesammte, bis dahin beschriebene Flächenraum:

$$f' = (r'^2 - a^2) \frac{\pi}{2 \log q},$$

und folglich das Areal  $A$  des, von *einem* Radius  $r$  bis zu dem *andern* Radius  $r'$  beschriebenen Flächenraums:

$$A = (r'^2 - r^2) \frac{\pi}{2 \log q}.$$

Nimmt man an, daß  $r' = rq$ , so findet man für das Areal eines vollständigen, von  $r$  bis  $r'$  reichenden Umganges:

$$\begin{aligned}
A &= r^2 (q^2 - 1) \frac{\pi}{2 \log q} \\
&= a^2 q^{\frac{2}{n}} (q^2 - 1) \frac{\pi}{2 \log q}.
\end{aligned}$$

Hieraus ergibt sich für jede Conchospirale, wenn  $\frac{\pi}{2 \log q}$   $= N$  gesetzt wird:

$$\begin{aligned} \text{Areal des } \textit{ersten} \text{ Umganges} &= a^2 (q^2 - 1) N \\ - \quad - \quad \textit{zweiten} \quad - &= a^2 q^2 (q^2 - 1) N \\ - \quad - \quad \textit{dritten} \quad - &= a^2 q^4 (q^2 - 1) N \\ - \quad - \quad \textit{vierten} \quad - &= a^2 q^6 (q^2 - 1) N \end{aligned}$$

u. s. w, und allgemein:

$$\text{Areal des } n\text{ten Umganges} = a^2 q^{2(n-1)} (q^2 - 1) N.$$

Die Areale der successiven Umgänge wachsen daher nach einer geometrischen Progression, deren Quotient  $q^2$  ist.

### §. 8. Innere und äußere Spirale der Conchylien.

Im Allgemeinen sind mit einem jeden Spiralgehäuse, und daher auch mit einem jeden Ammoniten viele concentrische Conchospiralen gegeben, unter welchen sich jedoch besonders *zwei* auszeichnen, von denen die eine durch den *Rücken* der Windungen, die andere durch die *Windungsnaht* bestimmt wird. Ich will sie die *äußere* und die *innere* Spirale nennen. Beide unterscheiden sich wohl häufig nur durch verschiedene Werthe von  $a$ , während ihnen ein und derselbe Werth von  $q$  zu Grunde liegt. Die innere Spirale hat dann einen *kleineren* Parameter, als die äußere Spirale, und beide Werthe,  $a$  und  $\alpha$ , bestimmen sich durch das Verhältniß, in welchem die äußeren Umgänge die inneren Umgänge umschließen. Daher giebt es auch nur *zwei* Fälle, in denen sich diese beiden Spiralen auf eine einzige reduciren: 1) wenn die Umgänge bis zum *Mittelpunkte* umschließend sind, und 2) wenn die Umgänge einander gar nicht umschließen, sondern nur berühren.

Viele Ammoniten aber sind durch *verschiedene* Windungsquotienten  $q$  und  $k$  der äußeren und inneren Spirale charakterisirt, und in ihnen könnten beide Spiralen recht wohl mit gleichem Parameter anfangen. Man würde

daher die Ammoniten in monospirale <sup>1)</sup> und diplospirale, und die letzteren wiederum in exosthene und entosthene eintheilen können, je nachdem die äußere oder die innere Spirale den größeren Quotienten hat.

Jedenfalls aber ist die innere Spirale von der äußeren Spirale durch ein Verhältniß verschieden, welches zwar auf den ersten Blick leicht übersehen werden kann, dessen ungeachtet aber für die ganze Verfolgung des Problems von der größten Wichtigkeit seyn dürfte.

Dieses Verhältniß besteht darin, daß die innere Spirale gegen die äußere *wenigstens* um einen *ganzen Umgang zurück* ist, daß also die Naht eines jeden Umganges *nicht* mit den Rücken *desselben* Umganges, sondern mit dem Rücken des *nächst vorhergehenden* Umganges von *gleicher Ordnung* ist. Hieraus folgt denn auch, daß es für den *ersten* (innersten) Umgang der äußeren Spirale noch gar keine innere Spirale giebt, und daß diese letztere erst dann ihren Anfang nimmt, wenn jene erstere schon wenigstens *einen* Umgang vollendet hat, und ihren *zweiten* Umgang beginnt.

Es dürfte dieses Verhältniß möglicherweise in der Verschiedenheit zwischen dem Embryo und dem zur Selbstständigkeit gelangten Thiere begründet seyn. Der Embryo ist vielleicht nur mit der *ersten* Windung *ABR* (Fig. 11 Taf. I) versehen, in welcher allerdings die Bedingungen zur Entwicklung der ganzen Schale gegeben seyn müssen. Wenn nun aber das selbstständig gewordene Thier wächst, so wird allmählig die *zweite* Windung ausgebildet, und zugleich mit ihr beginnt auch die Ausbildung der Naht *abr*, welche bei monospiralen Schalen eine Spirale von kleinerem Parameter voraussetzt.

1) Denn eigentlich ist es in diesem Falle *eine und dieselbe* Spirale, welche den Rücken und die Naht bestimmt, nur die Anfangspunkte sind verschieden. Als diplospirale exosthene Ammoniten dürften *A. Reinecci*, *A. tumidus*, als entosthene *A. flexicostatus*, *A. Brodicei*, *A. costatus* bestimmt werden.

Je kleiner der Parameter  $Ca$  der Nahtspirale gegen den Parameter  $CA$  der Rückenspirale ist, um so weiter umschliessend sind die Windungen der Schale. Für  $Ca=0$  giebt es gar keine Naht, oder die Windungen sind *völlig* umschliessend bis zum Mittelpunkte, und die innere Spirale *verschwindet*. Je gröfser dagegen  $Ca$  wird, um so weniger umschliessend sind die Umgänge der Schale; für  $Ca=CA$  werden die Umgänge nur *anliegend*, und die innere Spirale wird *identisch* mit der äufseren Spirale. Dessen ungeachtet aber mufs sie wenigstens um eine ganze Windung hinter ihr zurückbleiben, wie denn gerade *dieser* Fall die *Nothwendigkeit* solchen Zurückbleibens der inneren Spirale sehr einleuchtend erscheinen läfst.

Wenn angenommen werden kann, dafs für monospirale Ammoniten die Nahtspirale genau um *eine ganze* Windung gegen die Rückenspirale zurück ist, und wenn man mit  $r$  den Radius des Rückens, mit  $\rho$  den Radius der Naht für irgend eine Stelle eines und desselben Umganges bezeichnet, so würde:

$$r = a q^{\frac{v}{2\pi}}$$

und:

$$\rho = a q^{\frac{v-2\pi}{2\pi}}.$$

Für diplospirale Ammoniten werden jedenfalls, wenn auch ähnliche, so doch etwas andere Verhältnisse eintreten <sup>1</sup>).

## §. 9 Bestimmung des Windungsquotienten der Ammoniten.

Der Windungsquotient  $q$  ist eines der wichtigsten Elemente in der Morphologie der gewundenen Conchy-

1) So lehrt z. B. eine einfache Betrachtung, dafs, wenn die diplospiralen Ammoniten *gleiche* Parameter beider Spiralen haben sollten, die Rückenspirale in den *entosthenen* Species der Nahtspirale um *zwei* Umgänge voraus seyn mufs.

lien überhaupt und der Ammoniten insbesondere. Es sind besonders zwei Methoden, welche man bei den Ammoniten zu der Bestimmung des Windungsquotienten benutzen kann, je nachdem nämlich quer durchschnittene oder nur ganze Exemplare zu Gebote stehen.

1) *Bestimmung von  $q$  und  $k$  an quer durchschnittenen Exemplaren.*

Die allergrößte Sicherheit und Genauigkeit für die Bestimmung des Windungsquotienten gewähren die, an quer durchschnittenen Exemplaren anzustellenden Messungen. Man findet gewöhnlich in den Sammlungen viele durchschnittene und geschliffene Exemplare, deren Schnittfläche der Ebene der Windung ungefähr parallel ist. Solche Durchschnitte können für andere Verhältnisse (unter andern auch für die Bestimmung von  $a$ ) sehr werthvoll seyn; allein für die Bestimmung des Windungsquotienten haben sie keinen besonderen Werth, weil der Durchschnitt *ganz genau* central und rechtwinklich auf der Axe seyn müßte, wenn er etwas nützen sollte, und auch dann immer nur das Gesetz der *äußeren* Spirale erkennen lassen würde.

Dagegen sind die, in den Sammlungen selten vorkommenden Durchschnitte, welche rechtwinklich auf die Ebene der Windung und dabei so genau als möglich central gemacht worden, für den gegenwärtigen Zweck sehr instructiv. Sie lassen, obgleich sie immer nur *ungefähr central* seyn können, dennoch die ganze Anatomie der Form in ihrer wahren Gesetzmäßigkeit sowohl für die Rückenspirale als auch für die Nahtspirale erkennen, und die Besitzer reicher Sammlungen werden sich um *diesen* Theil der Wissenschaft besonders verdient machen, wenn sie für *jede Species* von einem möglichst vollkommenen und unverdrückten Exemplare dergleichen anatomische Präparate herstellen lassen, und sich dann der Messung derselben unterziehen.

Hat man nämlich einen solchen Querdurchschnitt  
ei-

eines Ammoniten (Fig. 12 Taf. I) vor sich, so sind offenbar  $rr$ ,  $r'r'$ ,  $r''r''$  u. s. w. *singulodistante* Diameter der *äusseren* Spirale, und  $\varrho\varrho$ ,  $\varrho'\varrho'$ ,  $\varrho''\varrho''$  u. s. w. *singulodistante* Diameter der *inneren* Spirale. Man braucht also nur zwei oder drei solche Diameter zu messen, um den Quotienten  $q$  zu bestimmen. Denn nach §. 6 No. 1 ist:

$$\frac{rr}{r'r'} = \frac{r'r'}{r''r''} = q, \text{ und eben so } \frac{\varrho\varrho}{\varrho'\varrho'} = \frac{\varrho'\varrho'}{\varrho''\varrho''} = k.$$

Findet man, dass  $\frac{rr}{r'r'} = \frac{\varrho\varrho}{\varrho'\varrho'}$  ist, so gehört die untersuchte Species zu den monospiralen Ammoniten.

An demselben Querschnitte wird man auch die Umgangshöhen und das Verhältniss der Umschließung oder des Umgriffes mit grosser Genauigkeit messen können.

Die wenigen Messungen, welche ich an einigen Species anstellen konnte, haben mich überzeugt, dass man auf diese Weise recht genaue Resultate erhält, und dass nur der *letzte* (mit Gesteinsmasse ausgefüllte) Umgang, in welchem das Thier zuletzt residirte, und die innere Schale noch nicht zur Ausbildung gelangte, nicht immer hinreichend regelmässig gebildet oder durch Verdrückung entstaltet zu seyn scheint; daher denn auch dieser Theil der Schale zu Messungen weniger geeignet ist. Uebrigens werden diese und ähnliche Messungen, besonders bei *kleineren* Species, nur dann zu genauen Resultaten führen, wenn man sie mittelst eines besonderen Apparats ausführt, welcher wesentlich aus einem, auf einem Gestelle ruhenden messingenen Lineale besteht, das mit einer Eintheilung versehen ist, und einen Nonius trägt, welcher wiederum mit einem, ein Fadenkreuz enthaltenen Mikroskope verbunden ist. Das Mikroskop sammt dem Nonius muss durch ein Schraubengewinde an dem Lineale hin und her bewegt werden können <sup>1)</sup>).

1) Auch Moseley wendete bei seinen Messungen Vergrößerungsgläser  
Poggendorff's Annal. Bd. LI.



2) *Bestimmung von  $q$  und  $k$  an ganzen (d. h. nicht durchschnittenen) Exemplaren.*

a) Bestimmung des Quotienten  $q$  oder  $k$  aus den Abständen gegenüberliegender Tangenten.

Wir haben oben in §. 6 No. 2 gesehen, daß die Abstände je zweier semissodistanter Tangenten den zu diesen Tangenten gehörigen Diametern proportional sind. Ist also der Abstand des *einen* Tangentenpaares  $= S$  und der Abstand des *andern* Tangentenpaares  $= S'$ , und bilden die, diesen Tangentenpaaren entsprechenden Diameter  $D$  und  $D'$  den Winkel  $x$ , so wird

$$\frac{S'}{S} = \frac{D'}{D} = q^{\frac{x}{2\pi}}.$$

Es bestimmt sich also:

$$q = \left(\frac{S'}{S}\right)^4$$

oder:

$$q = \left(\frac{S'}{S}\right)^2$$

oder auch:

$$q = \frac{S'}{S},$$

je nachdem die entsprechenden Diameter der gewählten Tangentenpaare quadrodistante, semissodistante oder singulodistante Diameter sind. Fig. 13 Taf. I zeigt, wie man zwei rechtwinklich auf einander stehende (quadrantodistante)  $S'$  und  $S$  messen kann. Genauere Apparate (z. B. aus einem viereckigen Rahmen mit eingetheilten Rändern bestehend, innerhalb dessen sich ein mit Kreuzfäden versehenes Mikroskop nach zwei auf einander rechtwinklichen Richtungen bewegen läßt) werden sich leicht angeben und -ausführen lassen.

Für die *äußere* Spirale läßt sich diese Methode nicht weiter als bis auf semissodistante Abstände verfol-

an (a. a. O. S. 356), und sie sind in der That unentbehrlich, um genau messen zu können.

gen. Für die *innere* Spirale aber wird man häufig zwei singulodistante Abstände messen können, deren Quotient dann unmittelbar der gesuchte Windungsquotient  $k$  ist. Denn alle vorhergehenden Betrachtungen haben für die innere Spirale eben sowohl Gültigkeit, wie für die äussere Spirale. Uebrigens hat diese Methode wenigstens den Vorzug, vom Mittelpunkte unabhängig und daher vom Fehler der Excentricität befreit zu seyn. Nun versteht es sich von selbst, dafs alle solche Messungen an wohl erhaltenen, unverdrückten und regelmäfsig gestalteten Exemplaren vollzogen werden müssen, wenn sie zu brauchbaren Resultaten führen sollen. Auch mufs der letzte Theil der Schale, in welchem das Thier residirte, wo möglich entfernt werden, weil er den meisten Perturbationen ausgesetzt zu seyn scheint.

*b)* Bestimmung des Quotienten  $k$  aus den Abständen der Windungsnabt.

Diese Methode ist freilich nur für die *innere* Spirale zu gebrauchen, weil die Windungsabstände der äusseren Spirale nicht zu beobachten sind. Sie beruht darauf, dafs die singulodistanten *Abstände* der Windungsnabt nach §. 5, No. 2, eine Progression von *demselben* Quotienten  $k$  bilden, wie die singulodistanten *Radien*. Wenn also die Nabt nicht durch Gesteinsmasse bedeckt, sondern in mehreren Umgängen entblöfst und scharf ausgeprägt ist, so darf man nur zwei oder drei successive Abstände innerhalb desselben Radius Vector messen, um den Werth des Windungsquotienten zu bestimmen.

(Fortsetzung folgt.)

### V. Atomgewicht der Kohle.

**B**ekanntlich herrscht seit einiger Zeit über den Werth dieses Atomgewichts eine Differenz unter den Chemikern. Dumas behauptete, er betrage nur 75,9, während Berzelius (Ann. Bd. XXXXVII S. 199) bei sorgfältiger Analyse verschiedener Bleisalze die frühere Zahl 76,438 bestätigt fand. Ganz neuerlich hat Dumas den Gegenstand wieder angeregt, indem er in den *Compt. rend. T. XI p. 287*, die Resultate von 14, in Gemeinschaft mit Hrn. Stafs angestellten Versuchen zu Gunsten seiner Meinung bekannt macht. Bei diesen Versuchen wurden reine Kohle oder sehr kohlenhaltige Substanzen von bekannter Zusammensetzung in Sauerstoff verbrannt, die erhaltenen Gase durch Chlorcalcium und Schwefelsäure getrocknet, und darauf die Kohle successiv in zwei mit Kalilauge und mit zerstoßenem Kali gefüllten Gefäßen absorbiert.

Auf diese Weise ergaben sich für das Atomgewicht der Kohle folgende Zahlen. Aus der Verbrennung von:

Naphthalin.	Kampher.	Benzoësäure.	Graphit von Ceylon.	Künstl. Graphit aus Roheisen.
75,21	75,1	75,09	74,91	74,87
75,01	75,1	75,06	75,04	74,90
75,08	75,0		74,99	
75,07				

Diese Zahlen beweisen, seiner Meinung nach, daß das Atomgewicht der Kohle nicht 76,438 sey, sondern 75, also genau das Sechsfache von dem des Wasserstoffs, wie es Prout vor längerer Zeit behauptet hat. Eine weitere Bestätigung dieses Resultats erblickt er in der früheren Analyse des Kalkpaths von Thénard und Biot, in dem von Biot, Arago und De Saussure bestimmten spec. Gewicht des Kohlensäuregases und in einer neueren Analyse des Asphalts von Boussingault.

VI. *Analyse des Eisenperidots, eines neuen vulkanischen Minerals von den Azoren;*  
*von L. R. v. Fellenberg.*

Das Mineral, dessen Beschreibung und chemische Untersuchung im Folgenden enthalten ist, wurde von Hrn. R. Gyax auf seiner im Jahre 1838, in Gesellschaft der HH. Hochstetter Sohn von Eßlingen und Apotheker Guthnick in Bern, nach den Azoren unternommenen Reise entdeckt, und von da nach Europa gebracht. Hr. Gyax fand dasselbe zuerst auf Fayal bei Horta und an der Ponta de Espalamanca, welche aus einem halbverwitterten, aschgrauen, vulkanischen Gestein besteht, das durch und durch von zum Theil noch erhaltenen und erkennbaren, zum Theil verwitterten Leuciten und Albiten durchsetzt ist. Mehrere Stücke dieses neuen Minerals lagen lose unter Trümmern des verwitterten Gesteins, eins aber fand Hr. Guthnick noch im anstehenden Felsen festsitzend. An der Nordseite der Insel Fayal wurde dasselbe ebenfalls, und zwar von Hrn. Guthnick entdeckt. Dieses Mineral ist aber nicht bloß auf dieser Insel gefunden worden, denn Hr. Gyax sah schöne Stufen davon, eine von der Insel Pico im Cabinet der Miss Dabeny, und eine von der Ponta de Loma auf Flores, welche Hr. Lorian o daselbst gefunden, und welche mit der Gebirgsart verwachsen war, und eingesprengte Olivine enthielt. Das verwitterte vulkanische Gestein, in welchem der *Eisenperidot* vorkommt, führt neben Olivinen auch Halbopal und Edelopal.

Folgendes sind nun die hauptsächlichsten Charaktere dieses Minerals <sup>1)</sup>. Es trägt in seinem Aeufseren alle Zeichen eines vulkanischen Productes, denn es bietet eine geflossene Oberfläche dar, welche stellenweise ganz

1) Das offenbar identisch ist mit Gmelin's *Fayalit*. (S. S. 160 d. Bd.)

glatte rundliche Runzeln und Unebenheiten, an andern Stellen aber Blasenräume mit runden und glatten Wänden enthält. Die Structur des Minerals ist ebenfalls sehr verschiedenartig. Es giebt Stücke die sehr dicht sind und einen feinsplittrigen Bruch zeigen; andere die blasig und zellig sind, stark krystallinisch und von blättrig-strahliger Textur sich zeigen. Die Blasen und Zellen von geringem Durchmesser, sind stellenweise sehr in die Länge gezogen, wie bei gewissen Bimssteinen, was augenscheinlich darthut, daß der Eisenperidot im geschmolzenen Zustande sich muß befunden haben. Auf dem frischen Bruche ist er bräunlich oder graulichschwarz bis pechschwarz, halbm metallisch bis harzglänzend, und oft lebhaft mit Regenbogenfarben spielend. Die geflossene Oberfläche, so wie die Blasenräume, und die längere Zeit den Einflüssen der Atmosphäre ausgesetzt gewesene Außenseite des Minerals, sind mit einem rostfarbenen Ueberzug von Eisenoxydhydrat, und stellenweise auch mit einem spangrünem Pulver, das Kupfer enthält, überdeckt. In einzelnen sehr seltenen Fällen sind in Blasenräumen unvollkommen ausgebildete Krystalle enthalten, deren Form und Winkel aber wegen ihrer Lage nicht bestimmt werden konnten; stellenweise zeigt sich deutliche Spaltbarkeit nach zwei, einen sehr stumpfen Winkel bildenden Richtungen; die Spaltungsflächen sind tombakbraun und zeichnen sich durch deutlichen Harzglanz aus. Es wird vom Magnete stark angezogen, doch hat es keine Polarität. Es ist härter als Feldspath und weicher als Quarz, und ziemlich leicht sprengbar. Sein specifisches Gewicht, bei  $+15^{\circ}$  C. bestimmt, ist  $=4,1109$  gefunden worden.

Vor dem Löthrohre ist es leicht schmelzbar in eine grauschwarze, spröde, metallischglänzende Kugel, die ebenfalls dem Magnete folgt. Im Glasröhrchen erhitzt, giebt es ein sehr sauer reagirendes Wasser in geringer Menge ab, dasselbe bringt in salpetersaurem Silber die dem Chlor

entsprechende Reaction hervor. Die blasigen und zelligen Theile des Minerals geben beim Erhitzen im Glaskölbchen ein wenig Schwefel, während die dichten durchaus keinen abgeben. Die Bestimmung der Menge des Chlors in dem Minerale wurde wegen der höchst geringen Menge desselben nicht vorgenommen. Schwefelsäure zersetzt dasselbe leicht im Kochen, ohne aber Fluor darin wahrnehmen zu lassen. Auch Borsäure wurde darin nicht entdeckt. Concentrirte Salpetersäure wirkt im Kochen nicht vollkommen zersetzend auf dasselbe; die mit Wasser verdünnte abfiltrirte Lösung mit Chlorbarium vermischt, zeigte geringe Spuren von Schwefelsäure, aber auch nur in so geringer Menge, daß deren Bestimmung unterlassen wurde.

Das beste Zersetzungsproduct dieses Minerals ist hingegen kalte rauchende Salzsäure, welche dasselbe, unter Abscheidung von gallertartiger Kieselsäure und eines von kalter Salzsäure unzersetzbaren Gemengtheiles, mit Wärmeentwicklung zersetzt. Wird nun dieses Gemenge von Kieselsäure und dem unzersetzten Gemengtheile mit kohlensaurem oder ätzendem Alkali behandelt, so löst sich erstere auf und letzterer bleibt unverändert zurück. Demnach zerfällt die Analyse des Minerals in diejenige von zweien Gemengtheilen, von denen der eine durch Salzsäure in der Kälte zersetzt wird, der andere aber deren Einwirkung selbst im Kochen hartnäckig widersteht.

#### A) Analyse des zersetzbaren Gemengtheils.

Die qualitativen Versuche, welche mit diesem Minerale vorgenommen wurden, ergaben als dessen Bestandtheile: Eisenoxydul, Kieselerde, Bleioxyd, Kupferoxyd, Kalkerde, Manganoxydul, Thonerde, und auch Spuren von Schwefel und Chlor. Um zu bestimmen, ob das Mineral Eisenoxydul allein oder auch Eisenoxyd enthalte, wurde eine Portion fein zerriebenen Minerals in einer

verschlossenen Flasche mit kalter Salzsäure digerirt, und die Säure mit kohlensaurem Kalk im Ueberschoß behandelt; der kohlensaure Kalk fällte viel Thonerde aus, aber nur höchst unbedeutende Mengen von Eisenoxyd, welches sich auf Kosten der Einwirkung der Luft auf das Eisenchlorür gebildet haben konnte. Ich nahm daher an, das Eisen im zersetzbaren Gemengtheile sey nur als Oxydul in demselben enthalten.

Die quantitative Analyse wurde auf folgende Weise vorgenommen:

1) Es wurden 4,042 Grm. fein zerriebenen Mineralpulvers in einer Porcellanschale mit concentrirter kalter Salzsäure übergossen, und das Gemenge wohl umgerührt; es erhitze sich schnell, und verwandelte sich in eine grünschwarze steife Gallerte, welche mit etwas verdünnter Salzsäure vermischt und zur vollständigen Abscheidung der Kieselsäure, unter beständigem Umrühren, zur Trockne verdunstet wurde.

Beim Behandeln der trocknen Masse mit Salzsäure und Wasser blieb eine dunkel aschgrau gefärbte Kieselerde zurück, die nach dem Aussüßen, Trocknen und Erhitzen 1,567 Grm. wog. Die Kieselerde wurde nun durch Digestion mit kohlensaurem Natron und zuletzt mit Aetzkalilösung aufgelöst, wobei ein schwarzes glänzendes Pulver des unlöslichen Gemengtheiles zurückblieb, das nach dem Aussüßen und Trocknen 0,515 Grm. wog, und also den Gehalt an Kieselerde des zersetzbaren Gemengtheiles zu  $1,567 - 0,515 = 1,052$  Grm. giebt. Die 4,042 Grm. angewandten Minerals geben also, nach Abzug von 0,515 Grm. unlöslichen Gemengtheiles, das Gewicht des zersetzten zu 3,527 Grm., und die 1,052 Grm. entsprechen 29,827 Proc. Kieselerde.

2) Die von dem Kieselerdeückstande abfiltrirte Auflösung, in der das Kupfer und das Blei enthalten seyn mußten, wurde durch Schwefelwasserstoffgas gefällt, und die sammt vielem Schwefel gefällten Sulphurete abfiltrirt,

gewaschen, getrocknet und mit dem Filter verbrannt, in Salpeteräure gelöst, mit kohlensaurem Kali gefällt und der Niederschlag geglüht; er wog 0,054 Grm. und entspricht 1,531 Proc. Metalloxyde.

3) Die von den Schwefelmetallen abfiltrirte schwefelwasserstoffhaltige Flüssigkeit wurde zur Verjagung des Schwefelwasserstoffgases gekocht und mit Salpetersäure vermischt, um das reducirte Eisensalz zu Chlorid zu oxydiren; hierauf wurde die Flüssigkeit mit ätzendem Ammoniak gefällt. Das geglühte Eisenoxyd wog 2,610 Grm., was 74,0 Proc. entspricht.

4) Die vom Eisenoxyd abfiltrirte Flüssigkeit gab mit oxalsaurem Kali einen geringen Niederschlag von oxalsaurem Kalk, der, als kohlensaurer bestimmt, 0,027 Grm. wog, was 0,0151 Grm. oder 0,428 Proc. Kalkerde entspricht. In der vom Kalksalze abfiltrirten Flüssigkeit war keine Spur von Talkerde zu entdecken.

5) Der Niederschlag No. 3, der der Hauptmasse nach aus Eisenoxyd bestand, wurde in Salzsäure aufgelöst, wobei durchaus gar nichts ungelöst zurückblieb. Die Auflösung wurde mit Aetzkali im Ueberschufs gefällt und gekocht, bis der Niederschlag von Eisenoxyd sich schwer zu Boden setzte. Die alkalische Lösung wurde abfiltrirt, mit Salzsäure neutralisirt und nun die Thonerde durch Ammoniak ausgefällt. Sie wog, nach langem Aussüßen, Trocknen und Glühen, 0,115 Grm., und entspricht daher 3,269 Proc.

6) Der Niederschlag von Eisenoxyd No. 5 wurde in Salzsäure aufgelöst, die Auflösung sehr genau mit ätzendem Ammoniak neutralisirt und nun durch benzoësaures Ammoniak das Eisen ausgefällt. Nach Absetzung des Niederschlags wurde derselbe auf einem Filter gesammelt und mit Wasser ausgewaschen. Das Filtrat gab mit Schwefelwasserstoffammoniak einen grauweißen Niederschlag von Schwefelmangan, der auf dem Filter ge-



sammelt und wohl ausgetüftelt wurde. Hierauf wurde das Schwefelmangan durch Salzsäure zersetzt, und das Chlormangan im Kochen mit kohlensaurem Kali gefällt. Das kohlensaure Manganoxydul war rein weiß, wurde aber schnell braun. Es wurde auf dem Filter gesammelt, getrocknet und geglüht. Es wog nun als rothes Oxyd 0,030 Grm., was 0,027 Grm. oder 0,791 Proc. Manganoxydul entspricht. Zieht man nun 0,030 Grm. Manganoxyd und 0,115 Grm. Thonerde von 2,601 Grm. ab, so bleiben 2,465 Grm. Oxyd, die, als Oxydul berechnet, 2,213 Grm. oder 62,746 Proc. Eisenoxydul im löslichen Minerale entsprechen. Die 74,0 Proc. Eisenoxyd, Thonerde und Manganoxyd entsprechen also 66,806 Proc. Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul.

Zieht man die Resultate dieser Untersuchung zusammen, so finden wir den zersetzbaren Gemengtheil des Mineralen zusammengesetzt aus:

Kieselerde	29,827
Eisenoxydul	62,746
Manganoxydul	0,791
Kalkerde	0,428
Thonerde	3,269
Kupfer und Bleioxyd	1,531
	<hr/>
	98,592.

Da bei dieser ersten Analyse das Kupferoxyd und Bleioxyd nicht getrennt worden waren, so wurde noch eine zweite angestellt, bei welcher genau der gleiche Gang der Untersuchung befolgt, und die gleichen analytischen Methoden angewandt wurden. Bei dieser Untersuchung erhielt ich 31,315 Proc. Kieselerde und 73,026 Proc. Eisenoxydniederschlag, der 66,0623 Proc. Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul entspricht. Das in dem Minerale enthaltene Blei und Kupferoxyd wurde aus der salzsauren Lösung durch Schwefelwasserstoffgas abgeschieden, die Schwefelmetalle auf ein Filter gebracht

und wohl ausgestüfst; hierauf vom Filter in eine kleine Flasche mit ein wenig Wasser gespült, und mit Chlorgas behandelt, bis der schwarze Niederschlag vollkommen weiß geworden, das Kupfer aufgelöst, und das Blei als schwefelsaures Salz abgeschieden war. Der Inhalt der Flasche wurde in eine Porcellanschale gespült, mit einigen Tropfen Schwefelsäure versetzt, und zur Trockne und Verjagung der Schwefelsäure verdunstet. Das schwefelsaure Kupfer wurde mit etwas Wasser aufgelöst und im Kochen durch Aetzkali gefällt. Das Kupferoxyd wog nach dem Glühen 0,070 Grm., was 0,4019 Proc. entspricht. Das schwefelsaure Blei wurde auf dem Filter gesammelt; es wog 0,072 Grm., was 0,0529 Grm. oder 2,128 Proc. Bleioxyd entspricht. In diesem zweiten Versuche wurde die Kalkerde nicht bestimmt, und das Verhältniß von Eisenoxydul, Thonerde und Manganoxydul als durch die erste Analyse hinlänglich genau bestimmt angenommen. — In einem dritten Versuche endlich bestimmte ich bloß noch die Menge der Kieselsäure, und fand sie mit dem zweiten Versuche nahe übereinstimmend zu 31,792 Proc. — Eben so läßt sich auch annehmen, daß in den 1,531 Proc. Kupfer- und Bleioxyd die beiden Oxyde sich im gleichen Verhältnisse befinden mögen, in welchem sie im zweiten Versuche gefunden worden waren. Nimmt man nun, auf diese Betrachtungen gestützt, die Mittelzahlen der erhaltenen Substanzen, so besteht der zersetzbare Gemengtheil des Minerals aus:

Kieselerde	31,044	Sauerstoff	16,127	= 1 At.
Eisenoxydul	62,568	-	14,245	} = 1 At.
Manganoxydul	0,788	-	0,177	
Kalkerde	0,428	-	0,120	
Thonerde	3,269	-	1,522	
Bleioxyd	1,708	-	0,127	
Kupferoxyd	0,322	-	0,065	
Chlor und Schwefel	Spuren			
	<u>100,127.</u>			

Die Sauerstoffverhältnisse der gefundenen Metalle stehen zu dem der Kieselsäure nahe im Verhältniß wie 1 : 1, und die chemische Formel, die sich am ungezwungensten daraus bilden läßt, ist unstreitig:  $\text{Fe}^3 \text{Si}$ ; das Mineral wäre also, mit Vernachlässigung der vier letztgenannten Substanzen, ein *Drittel-Eisenoxydulsilicat*. Die übrigen Substanzen mögen mit dem geringen Ueberschuß an Kieselsäure verbunden gewesen seyn. Am einfachsten läßt sich das Kupfer und Blei zum Theil mit Chlor oder Schwefel, zum Theil oxydirt annehmen; ersteres vielleicht auch im gediegenen Zustande, da Hr. Gygax solches auf St. Miguel im gleichen Gesteine antraf.

Vergleichen wir nun die procentische Zusammensetzung dieses zersetzbaren Minerals mit derjenigen des von Hrn. Prof. Walchner untersuchten Hyalosiderits, so wie mit mehreren von demselben analysirten Eisenfrischschlacken, so finden wir eine überraschende Aehnlichkeit in der Composition dieser Mineralien mit derjenigen des ersteren. Die Analogie in der Zusammensetzung des Hyalosiderits und der krystallisirten Eisenfrischschlacke ist von den HH. Prof. Walchner und Hausmann hinlänglich nachgewiesen worden (Leonhard's Taschenbuch, XIII, S. 41), diejenige zwischen den letzteren und dem oben untersuchten Minerale ergibt sich durch die Vergleichung der analytischen Resultate:

	No. 1	No. 2.	Mineral.
Kieselerde	32,959	32,346	31,044
Eisenoxydul	61,235	62,042	62,568
Manganoxydul	1,301	2,645	0,788
Talkerde	1,896	1,404	0,000
Kalkerde	0,000	0,000	0,428
Thonerde	1,560	1,024	3,269
Kupferoxyd	0,000	0,000	0,322
Bleioxyd	0,000	0,000	1,708
Kali	0,204	0,285	0,000
	<u>99,155</u>	<u>99,746</u>	<u>100,127.</u>

No. 1 ist eine Eisenfrischschlacke aus einer Hütte von Dax in den Pyrenäen; No. 2 eine Eisenschlacke von der Hütte von Badenhausen am Harze. Der Hauptunterschied in diesen Resultaten besteht darin, daß Hr. Prof. Walchner das Eisen in den Schlacken als schwarzes Oxyduloxyd annimmt, während mich meine Versuche bestimmt belehrt haben, daß im Azorischen Minerale das Eisen auf der niedrigsten Oxydationsstufe vorhanden ist.

Nach dem Allen scheint mir nun, das Mineral, dessen Analyse gegeben worden, sey ein neues, bisher unbekanntes; nämlich die natürlich vorkommende Verbindung, welche als Kunstproduct schon längst in den krystallisirten Eisenfrischschlacken bekannt war. Endlich vervollständigt es die Reihe der Eisenoxydul- und Talkerdesilicate der Peridotfamilie, welche im Chrysolith ein Talkerdesilikat mit wenig Eisenoxydul vorstellend, im Olivin schon mit mehr Eisenoxydul auftritt, dessen Gehalt im Hyalosiderit noch bedeutender wird, und endlich im untersuchten Minerale die Talkerde vollständig verdrängt und durch Eisenoxydul ersetzt.

Daher wage ich dem neuen Minerale den Namen *Eisenperidot* beizulegen, welcher zugleich die Art der Zusammensetzung desselben, dessen hauptsächlichsten Bestandtheil und die Verwandtschaft desselben mit der vulkanischen Peridotfamilie ausdrückt.

#### *B. Analyse des nicht zersetzbaren Gemengtheiles.*

In dem unlöslichen Gemengtheile wurden durch vorläufige Versuche gefunden: Eisenoxydul, Kieselerde, Thonerde, Talkerde, Kalkerde, Kupferoxyd und Bleioxyd. Folgendes war der Gang der Analyse:

1) Man glühte 0,572 Grm. wohl getrockneten fein geriebenen Mineralpulvers in einem Silbertiegel mit Kalihydrat, bis es zersetzt zu seyn schien; die lange ge- glühte Masse wurde in Wasser gebracht, mit Salzsäure

übersättigt und zur Abscheidung der Kieselsäure zur Trockne verdunstet. Die Masse wurde nun mit Salzsäure und Wasser behandelt, welches die Salze auflöste, und Kieselerde zurückließ, die nach dem Trocknen und Glühen 0,176 Grm. oder 30,769 Proc. wog; diese Kieselerde enthielt noch unzersetztes Mineralpulver, und wurde daher weiter untersucht. (Siehe sub No. 7.)

2) Die von der Kieselerde abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit Salmiak versetzt und mit Ammoniak gefällt. Der Niederschlag wog nach dem Glühen 0,356 Grm., was 61,189 Proc. entspricht. Er wurde in Salzsäure aufgelöst, wobei Kieselsäure ungelöst zurückblieb, die 0,0018 Grm. wog, was 3,146 Proc. entspricht. Das Eisenoxyd wurde mit Ammoniak niedergeschlagen, der Niederschlag wog nach dem Trocknen und Glühen 0,322 Grm.; in der vom Eisenoxyd getrennten Flüssigkeit war noch Kalkerde enthalten.

3) In diese Flüssigkeit wurde nun oxalsaures Kali gebracht, welches nach einiger Zeit einen geringen Niederschlag hervorbrachte, der, gesammelt und als kohlen-saures Salz bestimmt, 0,028 Grm. wog, was 0,0157 Grm. oder 2,755 Proc. Kalkerde entspricht.

4) In der vom Kalk abfiltrirten Auflösung brachte phosphorsaures Natron einen bemerklichen Niederschlag von phosphorsaurer Talkerde hervor, der nach dem Trocknen und Glühen 0,115 Grm. wog, und 0,04217 Grm. oder 7,372 Proc. Talkerde entspricht.

5) Die von der Talkerde getrennte Flüssigkeit war blau gefärbt; mit Schwefelwasserstoffgas behandelt, gab sie Schwefelkupfer, das in Salpetersäure aufgelöst und mit Aetzkali gefällt wurde, und 0,012 Grm. oder 2,097 Proc. Kupferoxyd gab.

6) Das Eisenoxyd No. 2 wurde in Salzsäure wieder aufgelöst, und nun mit einem Ueberschuß von Aetzkali gefällt und gekocht. Der Niederschlag wurde abfiltrirt und sorgfältig mit kochendem Wasser ausgüßt,

hierauf in Salzsäure aufgelöst, mit Ammoniak genau neutralisirt und mit benzoësaurem Ammoniak gefällt. Die vom Niederschlag abfiltrirte Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Kali gekocht, wobei kein Manganoxydul, sondern Talkerde gefällt wurde, die nach dem Trocknen und Glühen weiß war, und 0,038 Grm. wog, was 6,643 Proc. entspricht. Die vom Eisenoxyd abfiltrirte alkalische Auflösung wurde mit Salzsäure übersättigt, hierauf mit Ammoniak, die aufgelöste Thonerde ausgefällt, nach gehörigem Ausstüßen dieselbe noch einmal in Salzsäure gelöst und mit Ammoniak niedergeschlagen. Der Niederschlag wog nach dem Trocknen und Glühen 0,043 Grm., was 7,517 Proc. entspricht. — Zieht man nun  $0,038 + 0,043$  Grm. Talkerde und Thonerde von 0,332 Grm. ab, so bleiben 0,251 Grm. Eisenoxyd, die 0,22534 Grm. Oxydul entsprechen, was den Eisenoxydulgehalt auf 39,395 Proc. bringt. Diese Resultate zusammengezogen, geben nun:

Kieselerde und unzersetztes Mineral	30,769
Kieselerde (No. 2)	3,146
Talkerde (No. 4)	7,372
dito (No. 6)	6,643
Kalkerde (No. 3)	2,755
Kupferoxyd (No. 5)	2,097
Eisenoxydul (No. 6)	39,395
Thonerde (No. 6)	7,517
	<hr/>
	99,694.

7) Um nun die Zusammensetzung des Gemenges von Kieselerde und unzersetztem Mineral kennen zu lernen, wurden die erhaltenen 0,176 Grm. in rauchender Fluorwasserstoffsäure aufgelöst und die Auflösung mit Schwefelsäure zur Trockne verdunstet. Die mit Salzsäure befeuchtete Masse löste sich vollkommen klar in Wasser auf, und gab, nach den oben beschriebenen Trennungsmethoden behandelt:

Eisenoxydul	10,470
Talkerde	4,644
Thonerde	1,993
Bleioxyd	0,524
Kieselerde aus dem Verlust	13,138
	<hr/> 30,769.

Vereinigt man nun die früher erhaltenen Resultate mit diesen hier, so findet man den unzersetzbaren Gemengtheil des azorischen Minerals zusammengesetzt wie folgt:

Kieselerde	16,284
Thonerde	9,510
Eisenoxydul	49,865
Talkerde	18,659
Kalkerde	2,755
Kupferoxyd	2,097
Bleioxyd	0,524
	<hr/> 99,694.

Das zu dieser Analyse dienende Material war von den unlöslichen Rückständen der drei oben angeführten Analysen geliefert worden, wozu die dichtesten, am wenigsten krystallinischen Stücke rohen Minerals angewandt worden waren. Um nun eine zweite Analyse dieses unzersetzbaren Gemengtheiles vorzunehmen, wurde diesmal eine sehr blasige, sehr stark krystallinische Portion Minerals mit kalter Salzsäure und Aetzkalilauge behandelt, um den unzersetzbaren Gemengtheil zu erhalten.

Die Analyse desselben wurde ganz auf gleiche Weise, wie oben beschrieben worden, vorgenommen; nur blieb nach der Behandlung der Kieselerde mit Flusssäure nichts als eine Spur Chlorsilber zurück, die dieselbe schwach gelb gefärbt hatte, und dessen Gewicht von dem der Kieselerde abgezogen wurde. Das Resultat dieser zweiten Analyse war nun folgendes:

Kie-

Kieselerde	12,748
Thonerde	23,548
Eisenoxydul	57,177
Talkerde	0,335
Kalkerde	1,997
Kupferoxyd	2,296
Bleioxyd	1,842
	<u>99,943.</u>

Die außerordentliche Verschiedenheit in den beiden angeführten Resultaten kann nur in einer sehr verschiedenen Zusammensetzung der unzersetzbaren Gemengtheile ihren Grund haben; denn die Analysen wurden mit der gleichen Sorgfalt, und bis auf das Kupfer und Bleioxyd, die aus der salzsauren Lösung durch Schwefelwasserstoffgas gefällt wurden, nach den gleichen Methoden ausgeführt. In diesen beiden Analysen wurde keine Spur von Manganoxydul im unzersetzbaren Gemengtheile gefunden. Der grofse Unterschied im Talkerdegehalt, so wie im Thonerdegehalt, liefs auf mechanische Einmengungen von Olivin, Augit oder Hornblende schliessen, welche in vulkanischen Producten zu fehlen scheinen. Was wiederum das Kupferoxyd und das Bleioxyd in diesem Minerale anlangt, so ist auch wahrscheinlich, dafs diese beiden Metalle der kieselsauren Eisenoxydulverbindung fremd, als Schwefel- oder Chlormetalle vorhanden sind. Wegen dieser grofsen Verschiedenheiten habe ich auch unterlassen zu versuchen, die Zusammensetzung derselben auf bestimmte chemische Verbindungen zurückzuführen. Im Mittel aus meinen verschiedenen Versuchen fand ich das azorische Mineral zusammengesetzt aus 86 Proc. Eisenperidot und 14 Proc. des unzersetzbaren Gemengtheiles; und um nicht mehrere neue Namen in die Mineralogie einzuführen, scheint es mir gerathen, den Namen *Eisenperidot* überhaupt auf das ganze Mineral überzutragen.

Bern, den 16. Mai 1840.



VII. *Der Greenockit, ein neues Mineral;  
von J. Brooke und A. Connell.*

Der Greenockit, so genannt nach Lord Greenock, seinem Entdecker, findet sich bei Bishopton, in Renfrewshire, in einem porphyrischen und mandelsteinartigen Trappfels, der Feldspathkrystalle, mandelsteinartige Stücke von Kalkspath, Grünerde u. s. w. enthält, oft auch Höhlungen mit Prehnit, und auf der traubenartigen Oberfläche dieses Minerals oder zerstreut innerhalb der faserigen Masse desselben kommt der Greenockit vor. — Er ist honiggelb und orangeroth, selten in's Braune neigend, hat einen röthlich orangefarbenen Strich, einen lebhaften, harzigen, etwas diamantartigen Glanz, und ist halb durchscheinend bis halb durchsichtig; Härte = 3,5, spec. Gewicht = 4,8. Er ist krystallisirt, in kurzen 6seitigen Prismen mit den Flächen zweier Pyramiden und einer geraden Endfläche <sup>1)</sup>. — In einem Glasrohre erhitzt verknistert er und nimmt eine schöne karminrothe Farbe an, die er aber beim Erkalten gegen seine gelbe wieder vertauscht. Bei Rothglühhitze giebt er keine Feuchtigkeit aus, schmilzt weder, noch verflüchtigt er sich. Vor dem Löthrohr decrepitirt er ebenfalls und liefert die bekannten Reactionen des Kadmiums. — Gepülvert löst er sich in warmer Salzsäure auf, unter starker Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas. Bei Abdampfung dieser Lösung erhält man weisse Krystalle, die nicht zerfließen, und, in Wasser gelöst, mit kohlensauren Alkalien einen, bei Ueberschuß des Fällmittels wieder verschwindenden weissen, so wie mit Schwefelwasserstoff einen gelben Niederschlag liefern, nach dessen Absonderung, auf Neutralisation der Flüssigkeit mit Ammoniak, sich nur einige leichte Flocken von Eisenoxyd absetzen. Das Mineral besteht also aus Cadmium und Schwefel. Eine Analyse, bei der es mit rauchender Salpetersäure zersetzt, die gebildete Schwefelsäure durch Baryt niedergeschlagen, und, nach Entfernung des überschüssigen Baryts, das Cadmiumoxyd durch Fällen mit kohlensaurem Ammoniak und Glühen bestimmt wurde, gab auf 3,71 Gran des Minerals 0,837 Gr. Schwefel und 2,868 Gr. Cadmium. Darnach ist es CdS. (Jameson's *Journ.* Vol. XXVIII p. 390 und 392.)

1) Nach Forbes (*Ph. M.* Vol. 17 p. 8.) haben die Krystalle *eine* optische Axe, gehören also zum prismatischen oder rhomboëdrischen System.

# **VIII. Ueber die Zersetzung der in der Natur vorkommenden Aluminate; von Heinrich Rose.**

**E**s ist besonders Hr. Abich, der sich in neueren Zeiten mit der Untersuchung der in der Natur vorkommenden Aluminate, des Spinells, des Pleönasts, des Gahnits und der Mineralien von analoger Zusammensetzung beschäftigt hat, und dem wir eine richtige Kenntniss derselben verdanken <sup>1</sup>). Er wandte mit dem glücklichsten Erfolge zur Zersetzung dieser so schwer aufzuschließenden Substanzen die kohlensaure Baryterde an, mit welcher er das gepulverte Mineral in einem Sefström'schen Ofen bei starker Weifsglühhitze behandelte.

Später bediente sich Hr. Abich auf gleiche Weise der kohlensauren Baryterde auch zur Zerlegung von solchen kieselsauren Verbindungen, welche der Einwirkung der Säuren widerstehen, und in welchen ein alkalischer Bestandtheil vermuthet werden kann <sup>2</sup>). Eine Reihe von Mineralien, welche zur Feldspathfamilie gezählt werden, sind von ihm analysirt worden, nachdem er sie durch kohlensaure Baryterde in der Weifsglühhitze aufgeschlossen hatte.

Ich glaube, dass die meisten Chemiker sowohl den Gebrauch der salpetersauren Baryterde, welche zuerst mein Vater zur Analyse des Feldspaths und überhaupt solcher Silicate anwandte, die durch Säuren nicht zerlegt werden können <sup>3</sup>), als auch den der kohlensauren

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXIII S. 305.

2) Ebend. Annalen, Bd. L S. 125.

3) Scheerer's allg. Journ. der Chemie, Bd. VIII S. 241.

**Baryterde, welche später Gehlen zu demselben Zwecke vorschlug <sup>1)</sup>, verlassen haben, nachdem Berzelius die wässrige Fluorwasserstoffsäure zur Bestimmung der alkalischen Bestandtheile in den Silicaten eingeführt hat.**

In der That giebt diese Methode so genaue Resultate, und erfordert, wenn man mit den gehörigen Platingeräthschaften versehen ist, so wenig aufsergewöhnliche Apparate und Localitäten, dafs gewifs nur wenige Chemiker den Vorschlag des Hrn. Abich befolgen werden, zur Zerlegung der Silicate sich eines Sefström'schen Ofens bei Anwendung von kohlensaurer Baryterde zu bedienen. Und wenn auch bei der Analyse vermittelt der Fluorwasserstoffsäure die Kieselsäure des Minerals durch eine besondere Untersuchung bestimmt werden mufs, so geschieht diese so leicht, wenn man sich dazu eines kohlensauren Alkalis bedient, dafs beide Analysen, die vermittelt Fluorwasserstoffsäure und die durch kohlensaures Alkali, weit weniger Zeit und Umstände erfordern, und unter gleichen Bedingungen wohl genauere Resultate geben als die vermittelt der kohlensauren Baryterde. Besonders aber ist dies der Fall, wenn die zu untersuchende Verbindung viel Kalkerde enthält, die schwer von der Baryterde zu trennen ist.

Aber auch bei der Zerlegung der in der Natur vorkommenden Aluminate, welche so schwer und unvollkommen durch kohlensaures Alkali und selbst durch Kalihydrat zersetzt werden, welche auch der Einwirkung der Fluorwasserstoffsäure widerstehen, und bei denen Hr. Abich die kohlensaure Baryterde mit so vielem Erfolge angewandt hat, kann letztere völlig entbehrt werden. Denn diese Mineralien werden so auffallend schnell und so vollständig im gepulverten Zustande durch Schmelzen mit zweifach schwefelsaurem Kali zerlegt, dafs man sich desselben in Zukunft gewifs immer zur Zersetzung derselben bedienen wird.

1) Schweigger's Beiträge zur Chemie und Physik, Bd. III S. 191.

Ich wandte das zweifach schwefelsaure Kali zuerst bei der Analyse des *Chlorospinells* von Slatousk an, eines Minerals, das von meinem Bruder beschrieben worden ist, welcher auch die Resultate meiner Analysen bereits mitgetheilt hat <sup>1)</sup>. Das Mineral wurde in einem Stahlmörser zum feinen Pulver gebracht, und von demselben das Größere durch sehr feinen Linon vom Feinsten getrennt. Letzteres wurde, ohne vorher in einem Agat-, Feuerstein- oder Calcedon-Mörser gerieben worden zu seyn, in einem geräumigen Platintiegel mit einem Ueberschuß von zweifach schwefelsaurem Kali durch die Flamme einer Spirituslampe mit doppeltem Luftzuge vorsichtig geschmolzen; das Schmelzen wurde so lange fortgesetzt, bis die Masse ruhig floss und das Pulver sich vollständig aufgelöst hatte. Es war dazu nur eine Viertelstunde erforderlich. Nach dem Erkalten trennte sich der geschmolzene Kuchen mit der größten Leichtigkeit vom Platintiegel; er wurde in demselben umgekehrt und noch einmal mit einem kleinen Zusatz von concentrirter Schwefelsäure umgeschmolzen, eine Vorsicht, welche überflüssig ist, wenn das Pulver des Minerals von gehöriger Feinheit angewandt wird. Der geschmolzene Kuchen löste sich vollständig im Wasser zu einer vollkommen klaren Flüssigkeit auf, in welcher die Bestandtheile des Minerals nach bekannten Methoden bestimmt wurden. Nur eines Umstandes will ich bei dieser Analyse erwähnen, obgleich er vielleicht bekannt seyn könnte. Wenn die Thonerde ein nur etwas bedeutender Bestandtheil einer Verbindung ist, so ist es durchaus nothwendig, wenn man nicht einen ziemlich bedeutenden Ueberschuß im Resultate haben will, dieselbe noch einmal in Chlorwasserstoffsäure aufzulösen und durch kohlensaures Ammoniak zu fällen. Es ist dies besonders bei der Anwendung des zweifach schwefelsauren Kalis nothwendig, da gerade die Salze der feuerbeständigen Alkalien so schwer

1) Poggendorff's Annalen, Bd. L S. 652.

durch Auswaschen von der gefällten Thonerde vollkommen zu trennen sind.

Die Resultate von zwei Analysen waren folgende:

	I.	II.
Talkerde	26,77	27,49
Kalkerde	0,27	—
Kupferoxyd	0,27	0,62
Thonerde	64,13	57,34
Eisenoxyd	8,70	14,77
	<hr/> 100,14	<hr/> 100,22

Die Zusammensetzung des Chlorospinells ist deshalb interessant, als derselbe ein Aluminat ist, in welchem die Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt wird. Die Krystalle einer und derselben Stufe sind, wie die Resultate der Analysen ergeben haben, verschieden in sofern zusammengesetzt, als sie bald mehr oder weniger Eisenoxyd, das einen aequivalenten Antheil von Thonerde ersetzt, enthalten. — Es ist dieß das erste Beispiel unter den in der Natur vorkommenden Aluminaten, wo Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt wird.

Dafs das Eisen als Oxyd, und nicht als Oxydul im Minerale enthalten ist, ergiebt sich mit Bestimmtheit aus der Zusammensetzung. Man ist zwar früher ziemlich allgemein der Meinung gewesen, dafs die grüne Farbe nicht durch Eisenoxyd, sondern durch Eisenoxydul erzeugt würde; man hat indessen in neueren Zeiten mehrere Eisenoxydsalze, wie z. B. das oxalsaure Eisenoxyd-Kali und Natron dargestellt, welche bei einem Gehalte von Eisenoxyd eine ähnliche grüne Farbe besitzen, wie der Chlorospinell.

Bei der Analyse des Chlorospinells war mir ein Umstand aufgefallen. Alle Chemiker, welche sich mit der Untersuchung von den in der Natur vorkommenden Aluminaten beschäftigt haben, geben Kieselerde als einen Bestandtheil, zuweilen sogar als einen nicht unbeträcht-

lichen derselben an. Auch selbst Abich hat in allen einen geringen Kieselerdegehalt gefunden, obgleich wir vorzüglich durch seine Untersuchungen wissen, daß die Kieselerde wohl nur einen unwesentlichen Bestandtheil in diesen Aluminaten ausmachen kann. Unter den Bestandtheilen des Chlorospinells konnte ich hingegen nicht Kieselerde auffinden, obgleich derselbe im Talkschiefer, also in einem Silicate, eingewachsen ist. Ich habe auch angeführt, daß wenn das Pulver des Chlorospinells mit saurem schwefelsauren Kali zusammengeschmolzen wird, die geschmolzene Masse sich vollständig im Wasser zu einer klaren Flüssigkeit auflöst. Wäre auch nur eine geringe Menge von Kieselerde darin, so müßte sie ungelöst bei der Behandlung mit Wasser zurückbleiben.

Dies brachte mich auf die Vermuthung, daß die Kieselerde nicht ursprünglich in den in der Natur vorkommenden Aluminaten enthalten sey, sondern vielleicht nur durch Behandlung des Mineralpulvers in einem Agatmörser von der Masse des letzteren abgerieben seyn könnte. Eine Reihe von Untersuchungen, die ich deshalb anstellte, bestätigten meine Vermuthung vollkommen.

Bei der Analyse des *Corunds* aus China hatte Klaproth <sup>1)</sup> denselben im Stahlmörser gestossen, und darauf das Pulver in einer Reibschale aus Feuerstein mit Wasser auf's Feinste gerieben. 100 Gran des Pulvers vermehrten sich dadurch um  $10\frac{1}{2}$  Gran, die aus Kieselerde bestehen mußten, welche vom Mörser abgerieben waren. Offenbar ist die Menge der abgeriebenen Kieselerde wohl noch größer gewesen; denn es ist schwer oder wohl unmöglich, mit vollkommener Genauigkeit das Steinpulver wieder zu wägen, wenn es mit Wasser im Feuersteinmörser gerieben worden ist. Bei der Analyse der  $110\frac{1}{2}$  Gran des Steinpulvers erhielt Klaproth 17 Gran Kieselerde, von welchen er jene  $10\frac{1}{2}$  Gran abzog und

1) Beiträge, Bd. I S. 69.

den Gehalt der Kieselerde im Mineral zu  $6\frac{1}{2}$  Proc. bestimmte.

Beim *Corund* aus Bengalen <sup>1)</sup> betrug die Gewichtsvermehrung von 100 Gran, die im Stahlmörser gestossen worden waren, durch Reiben im Feuersteinmörser 11 Gran. Er erhielt bei der Analyse  $16\frac{1}{2}$  Gran Kieselerde, und bestimmte daher den Gehalt der Kieselerde zu  $5\frac{1}{2}$  Procent.

Als Klaproth den orientalischen *Sapphir* <sup>2)</sup> auf gleiche Weise im Feuersteinmörser gerieben hatte, erhielt er dadurch eine Gewichtsvermehrung von  $12\frac{1}{2}$  Gran auf 100 Gran. Er erhielt bei der ferneren Untersuchung nur  $11\frac{3}{4}$  Gran Kieselerde, welche Menge nicht einmal der durch's Abreiben erhaltenen Gewichtsvermehrung gleich kam, weshalb Klaproth im Sapphir keine Kieselerde annahm.

Ich untersuchte zwei Arten von Corund; der eine hatte eine beinahe weisse, der andere eine bräunliche Farbe. Sie wurden beide im Stahlmörser zum feinsten Pulver gebracht und das erhaltene Pulver durch Linon gesiebt, aber nicht im Agatmörser gerieben. Wurde das Pulver beider Arten des Corunds auf die oben beschriebene Weise mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen, so löste sich die geschmolzene Masse vollständig im Wasser zu einer klaren Flüssigkeit auf.

Wurde dem feinen Pulver des Corunds auch nur ein Procent Kieselerde hinzugesetzt und die Mengung auf gleiche Weise mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen, so blieb bei der Auflösung der geschmolzenen Masse in Wasser die hinzugesetzte Kieselerde ungelöst zurück.

Wurde der Corund, nachdem er im Stahlmörser zum feinsten Pulver gebracht worden war, im Agatmörser mit Wasser längere Zeit gerieben, darauf getrocknet

1) Beiträge, Bd. I S. 74.

2) Beiträge, Bd. I S. 81.

und mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen, so wurde eine geschmolzene Masse erhalten, welche sich nur mit Hinterlassung von Kieselerde im Wasser auflöste.

Bisweilen wurde nach dem Zusammenschmelzen des Corunds mit saurem schwefelsauren Kali die Masse nicht vollständig im Wasser gelöst. Diefs fand indessen nur dann statt, wenn das Pulver nicht fein genug war. Das Unaufgelöste konnte durch öfteres Schmelzen mit saurem schwefelsauren Kali vollständig aufgeschlossen werden.

Es erhellt hieraus, daß der Corund keine Spur von Kieselerde enthält, und daß die Kieselerde, welche Klaproth bei der Untersuchung desselben fand, entweder vom Abreiben vom Feuersteinmörser, oder vielleicht auch zum Theil aus dem nicht völlig reinen Kalihydrat, das zum Aufschließen des Minerals, und dem kohlensauren Kali, das zur Fällung der Thonerde angewandt wurde, herrührte.

Da der Corund sich so frei von Kieselerde erwies, so unterliefs ich es, den Sapphir und Rubin auf eine ähnliche Weise zu prüfen.

Bei der Untersuchung des *Spinells* aus Ceylon erhielt Klaproth <sup>1)</sup>, als er das im Stahlmörser gepulverte Mineral im Feuersteinmörser mit Wasser rieb, eine Gewichtsvermehrung von 9 Gran auf 100 Gran. Diese gaben bei der Analyse  $24\frac{1}{2}$  Gran Kieselerde, so daß Klaproth einen sehr beträchtlichen Gehalt von Kieselerde,  $15\frac{1}{2}$  Proc., im Spinell annahm. Es ist möglich, daß die von ihm ausgeschiedene Kieselerde nicht ganz rein gewesen seyn mag. War sie rein, so rührte sie vielleicht theils vom Mörser, theils aber auch wohl vom angewandten Kali her.

Vauquelin <sup>2)</sup>, der im Spinell zuerst Chromoxyd

1) Beiträge, Bd. II S. 5.

2) Scheerer's allg. Journ. der Chemie, Bd. II S. 27.



fand, hielt die bei der Untersuchung erhaltene Kieselerde für solche, die vom Mörser abgerieben worden war, und giebt keine als zu den Bestandtheilen des Minerals gehörig an.

Abich, dem wir die neueste Analyse des orientalischen Spinells verdanken, giebt darin nur 2,02 Proc. Kieselerde an. Er führt nicht bei dieser Analyse besonders an, ob das im Stahlmörser erhaltene Pulver ferner im Agatmörser unter Wasser gerieben wurde; es ist indessen wahrscheinlich, daß dies geschehen sey, und daß auf diese Weise die Kieselerde mit dem Steinpulver gemengt wurde.

Berzelius untersuchte vor sehr langer Zeit zuerst den Spinell von Åker in Schweden <sup>1)</sup>. Das Mineral wurde im Porphyrmörser zerrieben, und dadurch eine Gewichtsvermehrung von 4 Gran auf 82 Gran erhalten. Diese, abgezogen von der bei der Analyse erhaltenen Kieselerde, gaben einen Gehalt von 5,48 Proc.

Abich, der diese Analyse in neuerer Zeit wiederholte, fand darin 2,25 Proc. Kieselerde.

Obgleich der Spinell von Åker sehr unrein ist, und nicht nur mit kohlensaurem Kalke, von dem er leicht durch Säuren getrennt werden kann, sondern auch mit Silicaten, namentlich mit Glimmer, innig gemengt sich findet, so zeigt doch das im Stahlmörser gepulverte Mineral, mit saurem schwefelsauren Kali geschmolzen, keine Kieselerde. Die geschmolzene Masse löst sich vollständig im Wasser auf. Bisweilen bleibt dabei eine unwägbare Menge ungelöst, doch nur dann, wenn der Spinell nicht vollständig von den Silicaten getrennt worden war. — Ich unterliefs es, den orientalischen Spinell auf Kieselerde zu prüfen.

Im *Gahnit* von Fahlun gab Ekeberg, der ihn zuerst untersuchte, 4,75 Kieselerde an <sup>2)</sup>. Er hatte das

1) *Afhandlingar i Fysik, Kemi och Mineralogi, Bd. I S. 99.*

2) *Afhandlingar, Bd. I S. 91.*

Mineral nur in einem eisernen Mörser gestossen, nicht im Agatmörser zerrieben. Wahrscheinlich rührte daher der Kieselerdegehalt vom angewandten Kali her.

Vauquelin <sup>1)</sup> erhielt bei einer, wohl nur flüchtig angestellten Analyse des Gahnits 4 Procent Kieselerde; Abich fand darin 3,34 Procent Kieselerde, und in einem Gahnit von Amerika 1,22 Procent. Wurden indessen vollkommen reine Krystalle des Gahnits auf die schon oft erwähnte Weise mit saurem schwefelsauren Kali behandelt, so löste sich die geschmolzene Masse vollständig in Wasser auf; das Mineral enthält daher keine Kieselerde.

Es ergibt sich aus diesen Versuchen, dafs die in der Natur vorkommenden Aluminate, obgleich sie häufig mit Silicaten vorkommen, frei von Kieselerde sind, und dafs alle Kieselerde, welche man früher bei den Analysen derselben gefunden hat, theils durch's Abreiben vom Mörser, theils auch vielleicht von dem bei der Analyse angewandten Kali herrührt.

So vortheilhaft das saure schwefelsaure Kali zur Untersuchung der auf andere Weise so schwer zu zersetzenden Aluminate angewandt werden kann, so wenig kann dasselbe zur Analyse der Silicate benutzt werden, die der Einwirkung der Säuren widerstehen. Ich habe indessen nur das Pulver vom Feldspath durch dasselbe zu zersetzen versucht, ein Mineral, das so leicht durch Schmelzen mit kohlensaurem Alkali aufgeschlossen werden kann. Durch das Zusammenschmelzen mit saurem schwefelsauren Kali wurde der Feldspath nur zu einem sehr geringen Theile zersetzt. Es zeigt sich hierdurch, welch eine ungleich stärkere Säure die Kieselerde ist, als die Thonerde wenn diese als Säure auftritt. Denn nur dadurch, dafs die Thonerde gegen Schwefelsäure sich immer als Base verhält, wird die Zerlegung der Aluminate durch saures schwefelsaures Kali so leicht bedingt. Die Kieselerde hinge-

1) Gehlen's Journal für Chemie und Physik, Bd. II S. 38.

gen ist gegen Schwefelsäure nie Base, und deshalb werden die Silicate, besonders die, welche viel Kieselerde enthalten, so schwer durch saures schwefelsaures Kali zerlegt.

---

IX. *Beschreibung anomal gebildeter Schwefelkieskrystalle; vom Prof G. Suckow in Jena.*

---

**K**öhler, G. Rose, so wie auch ich, haben schon früher einmal in diesen Annalen auf Deformitäten des gleichaxigen Schwefelkieses aufmerksam gemacht <sup>1)</sup>, welche theils unterbrochene Raumerfüllungen, theils endlich auch ungleiche Ausdehnungen ursprünglich gleichwerthiger Flächen betroffen. Dafs aber aufser den daselbst erwähnten Unvollkommenheiten auch noch andere dergleichen Verhältnisse am Schwefelkiese realisirt sind, davon überzeugten mich mehrere auf Lobensteiner Spatheisenstein- drusen aufgewachsene Individuen, deren nähere Bestimmung und bildliche Darstellung zur Vermeidung mancher Fehlschlüsse nicht überflüssig seyn dürfte. Folgende Abnormitäten sind es, welche ich beobachtete:

1) *Verzerrungen des Octaëders (= O)* in der Weise, welche so häufig auch am Bleiglanze, Rothkupfererze und Alaunen vorkommt, dafs nämlich in der Richtung einer trigonalen Zwischenaxe eine starke Verkürzung stattfindet, und dadurch die Flächen sich in zwei scheinbar verschiedene Inbegriffe absondern, von denen der eine ein Rhomboëder, der andere die zugehörige basische

1) Nämlich Köhler in der Abhandlung über den Strahlkies von Großallmerode in Hessen, Bd. XIV S. 91; G. Rose in dem Aufsätze über eine ungewöhnliche Form des Schwefelkieses, ebendas. S. 97; und ich in der Beschreibung anomaler Bildungen des Schwefelkieses, Bd. XXIX S. 502.

Fläche darstellt. Das Octaëder erscheint nämlich wie ein tafelartiges Segment, und zwar als sechsseitige Tafel mit abwechselnd schief angesetzten Randflächen, überhaupt wie Fig. 14 Taf. I.

Die außerdem auf diesen Spatheisensteinen vorkommenden interessanten octaëdrischen Combinationen des Schwefelkieses mit den achtflächigen Zuspitzungen der Ecken ( $= O . 3 O^{\frac{3}{2}}$ ) sind zwar auch, und zwar in sofern verzerrt, als sie nach einer ihrer rhombischen Zwischenachsen verlängert erscheinen, doch ist diese Verzerrung nicht so monströs als die vorige.

2) *Verzerrung der hexaëdrischen Combinationen mit dem Octaëder* ( $= \infty O \infty$ ). Das Hexaëder ist nämlich in der Richtung einer Hauptaxe dergestalt verlängert, daß seine Flächen an und für sich ebenfalls zwei scheinbar verschiedene Flächeninbegriffe darstellen, welche den 2- und 1axigen Combinationen  $\infty P . o P$  entsprechen, und die octaëdrischen Flächen den Krystallen das Ansehen der Combination  $\infty P \infty P . o P$  ertheilen, wie Fig. 15 Taf. I darstellt. Mitunter sind mehrere, auf diese Weise verzerrte Individuen dieser Combination in der Richtung der scheinbaren 2- und 1axigen Hauptdimension mit einander verwachsen, so daß die in diesem Falle untergeordnete Endfläche  $o P$  verschwindet, und der Gedanke an eine Verzerrung des Rhombendodecaëders in der Richtung einer Hauptaxe aufkommen kann, wogegen indess der Umstand spricht, daß die Rhombenflächen weit ebener und glänzender sind, als die Flächen, welche 2- und 1axige Prismen von diagonalen Flächenstellung darstellen, und ziemlich rauh, in einigen Fällen wohl auch matt sind. Zu diesem Grunde der Unvollkommenheit, in der Ausbildung der Combination,

1) Dergleichen Individuen sind oft halbzöllig; in der ausgezeichnet schönen Sammlung käuflicher Exemplare der Fräulein A. Klein zu Lobenstein sah ich sogar Krystalle von der Länge eines Zolles und der Breite einer halben Linie.

gesellt sich noch ein anderer, in der Krümmung der ganzen prismatisch verzerrten Gestalt gegebener. Diese Prismen erscheinen nämlich, wenn sie einzeln aufgewachsen sind, entweder einfach gebogen oder knieförmig, und zwar in sehr bizarrer Weise gekrümmt, wie Fig. 16 Taf. I angiebt <sup>1</sup>).

---

### X. *Brunnen von Kohlensäure zu befreien.*

---

**D**urch Saussure's Versuche ist bekannt, daß ausgeglühte Kohle die Eigenschaft besitzt, innerhalb 24 Stunden das 35fache ihres Volums an Kohlensäure zu absorbiren. Davon hat Prof. Hubbard, am Dartmouth-College, in den Vereinigten Staaten, kürzlich eine nützliche Anwendung gemacht. Um Brunnenschächte, die mit Kohlensäure erfüllt sind, von diesem Gase zu reinigen, läßt er nämlich etwa eine Metze glühender Holzkohlen in einem Kessel bis nahe zur Oberfläche des Wassers hinab. Sogleich erlöschen die Kohlen und beginnen die Absorption, von deren Fortgang man sich leicht durch eine brennende Kerze überzeugen kann. Ist sie nach einer Stunde noch nicht vollendet, so muß man eine neue Portion brennender Kohlen hinablassen. Auf diese Weise wurde ein Brunnenschacht von 26 Fuß Tiefe in einem Nachmittage gereinigt. (*Sillim. Journ. Vol. XXXVIII p. 206.*)

---

**XI. *Analyse des Porphyrs von Kreuznach im Nahethale; von Eduard Schweizer.***

**D**ie Grundmasse des Porphyrs dieser Gegend wird durchgängig von dichtem Feldspathe gebildet, der sich durch seine grofse Festigkeit auszeichnet, oft hornsteinähnlich wird und am Stable Funken giebt. Diese Grundmasse schliesst eine Menge meist kleiner Krystalle von prismatischem Feldspath und von durchsichtigem grünem Quarze ein; bisweilen tritt auch etwas tombackbrauner Talkglimmer auf. Die vorherrschend rothe Farbe des Gesteines geht durch verschiedene Nüancen in graue und braune Farben über.

Um durch die Analyse ein einigermafsen bestimmtes Resultat zu erhalten, wurde ein ungefähr ein Pfund schweres Stück von der Gebirgsart zu einem gleichmäfsigen feinen Pulver zerrieben, und hiervon die gehörige Quantität zur Analyse genommen. Die Substanz wurde bei einer ersten Analyse vermittelt vollkommen chlorfreien kohlensauren Natrons, bei einer zweiten, zur Bestimmung der Alkalien, durch Flusspathsäure, aufgeschlossen. Der Porphyr enthält, diesen Analysen zufolge, in 100 Theilen:

Kieselerde	70,50
Thonerde	13,50
Eisenoxyd	5,50
Kalkerde	0,25
Talkerde	0,40
Kali	5,50
Natron	3,55
Chlor	0,10
Wasser	0,77
	<hr/>
	100,07.

Um zu erfahren, in welchem Zustande das Chlor im Porphyr enthalten sey, wurde eine bedeutende Menge des letzteren in fein pulverisirtem Zustande mit destillirtem Wasser längere Zeit gekocht. Nachdem sich durch längeres Stehenlassen das Steinpulver größtentheils abgesetzt hatte, wurde die Flüssigkeit davon getrennt und zur Trockniss verdampft. Den Rückstand behandelte man hierauf mit wenig Wasser, filtrirte, und erhielt sodann eine vollkommen klare Lösung, in welcher Chlor, Kalkerde, Talkerde, Kali und Natron nachgewiesen werden konnten.

In 0,100 Grm. des Rückstandes dieser Lösung wurden gefunden:

Chlorkalium und Chlornatrium	0,060
Chlorcalcium	0,020
Chlormagnium	0,012.

Dieser Versuch wurde mehrerer Male mit der größten Vorsicht wiederholt, und immer erhielt man in dem klaren Auszuge deutliche Reactionen auf die angeführten Substanzen.

Nach der Ansicht und den Untersuchungen Burkhardt's <sup>1)</sup> ist der Porphyr an der Nahe und in der Pfalz nicht älter als das ihn umschliessende ältere Sandsteingebirge; an mehreren Punkten weist er nach, daß beide Gebirgsarten gleichzeitig gebildet wurden; hingegen läßt er es unentschieden, »ob die Hauptgruppe bei Kreuznach stockförmige Massen in dem älteren Sandsteine bilde, und also gleichzeitig mit ihm, oder ob sie jünger und durch vulkanische Kräfte emporgehoben sey.«

Nimmt man erstere an, so liefse sich, nach Burkhardt, das Auftreten von Soolquellen im Porphyr vielleicht einfach dadurch erklären, daß das ältere Sandsteingebirge eine sehr tief liegende Uebergangs-, Gyps- und Steinsalzformation decke, wovon sich ein ähnliches  
Bei-

1) Nöggerath's Rheinland-Westphalen, Bd. IV S. 187.

Beispiel bei Bex in der Schweiz vorfindet. — Ist hingegen die Bildung des Porphyrs vulkanischer Natur, so erhalten, nach Burkhardt's Vermuthung, die Soolen ihre Nahrung vom Salzthon, der gangartige Klüfte ausfüllt.

Berücksichtigt man die wesentlichen Verschiedenheiten, die diese Quellen in qualitativer und quantitativer Beziehung von den gewöhnlichen Soolen zeigen, unter denen hauptsächlich hervorzuheben ist, daß sie keine Spuren von schwefelsauren Salzen enthalten, so fühlt man sich eher geneigt der letzteren Annahme beizupflichten.

Im Vorhergehenden wurde gezeigt, daß durch Wasser aus diesem Porphyr die sämtlichen Chlormetalle ausgezogen werden können, die die aus ihm entspringenden Salzquellen selbst enthalten. Da dieß unter dem gewöhnlichen Luftdrucke geschehen kann, so sind die Chlormetalle in dem Porphyr als solche enthalten. Die außerordentliche Dichtigkeit des Gesteines spricht gegen die Annahme, daß die Chlormetalle im aufgelösten Zustande von der Soole selbst in den Porphyr eingesickert seyen. Wenn ein solches Einsickern auch stattfindet, so glaube ich, kann es jedenfalls nur bis zu einer geringen Entfernung von den Wasserkanälen geschehen; der Ort aber, woher der Porphyr ist, der zu den obigen Untersuchungen gedient hatte, ist ziemlich weit entfernt von den Quellen. — Ferner verliert der Porphyr bei 100° im Wasserbade nichts an Gewicht, der geringe Wassergehalt desselben kann also nicht von eingesickertem Wasser herrühren, sondern von kleinen Quantitäten wasserhaltiger Mineralien.

Es ist daher wahrscheinlich, daß die Chlormetalle ursprünglich in dem Porphyr enthalten sind, und daß das aus der Tiefe zufließende Wasser dieselben, so wie die übrigen Bestandtheile, die die Quellen enthalten, unter Mitwirkung von Wärme, eines hohen Druckes und



von Kohlensäure aus dem Gesteine selbst auszieht. Daneben lassen sich immer noch gröfsere oder geringere Anhäufungen von Salzmassen annehmen, die zur Ernährung der Quellen beitragen.

---

## XII. *Der Greenovit, ein neues Mineral.*

---

Das zu Ehren des Hrn. Greenough mit diesem Namen belegte Mineral kommt vor zu St. Marcel, in Piemont, in einem krystallinischen, wahrscheinlich metamorphischen Terrain, rosenrothe Aederchen bildend, welche die Masse unregelmäfsig durchsetzen; es wird begleitet von Epidot, manganhaltigem Granat und Quarz. Der Greenovit findet sich in Krystallen und kleinen krystallinischen Massen, hat eine dreifache, ziemlich leichte Spaltbarkeit, durch welche die Grundform bestimmt wird. Die beiden, den senkrechten Flächen parallelen Blätterdurchgänge machen, nach Hrn. Dufrénoy, einen Winkel von  $11^{\circ} 35'$  mit einander, und sind deutlich, spiegelnd.

Nach der von Hrn. Cacarrié unternommenen Analyse besteht das Mineral wesentlich aus *Titan* und *Mangan*, neben einer geringen Menge Kieselerde, die von beigemengtem Quarz herrührt. (*Compt. rend. T. XI p. 234.*)

---

### XIII. *Einige Bemerkungen über die physische Beschaffenheit der Provinz Krain;*

*von H. v. Gansauge.*

**B**egiebt man sich von Graez südwestlich nach Triest, und hat man sich auf diesem Wege theils an den lieblichen Landschaften, theils an den Erscheinungen des Hochgebirges der Steiermark erfreut, so überrascht nichts so sehr, als hinter Laibach die Bilder der Zerstörung, der Oede und des Todes, welche vornämlich jenseits Ober-Laibach in ganz eigenthümlicher Weise sich darstellen. Das Gebirge, welches man hier betritt, ist als ein großer Kalkdamm dem adriatischen Meere östlich vorgelagert; es wird von den Geographen als Iulische Alpen bezeichnet; von der dortigen Bevölkerung in seinen verschiedenen Theilen abweichend, in der Triestiner Gegend »*Karst*« genannt.

Zunächst ist dieses merkwürdige Gebirge ausgezeichnet durch die Parallelität seiner verschiedenen Theile in den äußeren Umrissen, und durch die damit zusammenhängenden Plateaubildungen bei nur seltenem Vorkommen von hoch über die Gesamtmasse emporragenden Gipfeln. Ueberraschend ist diese Uebereinstimmung der äußeren Formen mit denen des Jura, wie er sich durchgehends in Deutschland, in der Schweiz und in Frankreich darstellt. Fesselt diese Erscheinung die Aufmerksamkeit des Gebirgskenners, so überrascht nicht minder jeden anderen Reisenden die schon erwähnte, durchgreifende Zertrümmerung, welche eine auffallende Unfruchtbarkeit dieses Gebirgslandes bedingt. Denn plutonische Kräfte haben hier gewaltig gewirkt, und sowohl chemische Umwandlungen des Gesteins selbst hervorgebracht, als auch das Gebirge in der Art gehoben und aufgetrieben,

dafs in seinem Inneren viele, zuweilen sehr ausgedehnte, hohle Räume entstanden. Denn nur so dürfte die Höhlenbildung, durch welche die illyrischen und dalmatischen Küstengebirge charakterisirt sind, genügend erklärt werden. In diesen Gegenden scheinen allerdings Meilen lange Höhlen vorzukommen. Schon Hacquet <sup>1)</sup> spricht über dergleichen Beobachtungen; auch sind die Adelsberger Grotten hieher zu zählen. Ferner verdient hierbei besondere Erwähnung, dafs, wenn man <sup>2)</sup> in der Grotte, aus welcher der *Unz* bei *Kleinhäusel* unfern *Planina* mit grofser Gewalt hervorbricht, eine Stunde weit eingedrungen, man an einen unterirdischen See von bedeutender Breite gelangt. Später, hinter diesem See, folgt dann eine steile Felswand, welche zwar ersteigbar seyn soll, bis jetzt aber, bei den dahin unternommenen Wanderungen, nicht überschritten wurde.

Mit dieser Höhlenbildung und gleichzeitigen Erhebung des Gebirges ist jene durchgreifende Zerrüttung desselben Hand in Hand gegangen. Zwar kommen ähnlich zerrissene Berge in verschiedenen Gebirgsformationen auch anderwärts vor. Beispiele der Art sind der *Prudelberg* im Hirschberger Thale, der *kahle Berg* bei Altenberg im Erzgebirge u. s. w. Doch pflegen sich dergleichen Fälle nur auf einen geringen Umkreis zu beschränken, wohingegen die Iulischen Alpen in einem sehr grofsen Umfange der bezeichneten Zerstörung unterlagen. Merkwürdig ist ausserdem, dafs in diesem grofsen Kalkgebirge Sandstein und Thonschiefer in nur sehr untergeordneten Verhältnissen vorkommen. Thon und Kieselerde begründen aber, durch die Fähigkeit, niedergeschlagene Feuchtigkeit längere Zeit festzuhalten, Frucht-

1) Reise aus den dinarischen in die norischen Alpen (Leipzig 1785), S. 16, 19.

2) Nach der mir 1839 gemachten Erzählung des jüngeren Postmeisters in Planina.

barkeit des Bodens, so daß sie als die eigentlichen Träger des Humus angesehen werden dürfen. Da nun im Karst diese seegenbringende Erddecke fehlt, da ferner das dortige Kalkgestein meistens durch Porosität ausgezeichnet, und die Oberfläche des Gebirges so vielfach zerrissen ist, so ergibt sich aus diesen Umständen die Veranlassung einer so schnellen Filtration aller Flüssigkeiten nach den inneren hohlen Räumen dieses Gebirges und einer daraus entspringenden beständigen Dürre auf dessen Oberfläche. Ich selbst habe starke Regenschauer, ja Regentage auf dem Karst erlebt, und mich überzeugt, daß nach verhältnißmäßig sehr kurzer Zeit die Spuren davon verschwunden waren, während in den Adelsberger Grotten mir versichert wurde, daß sich in denselben am vermehrten Abtropfeln der stalaktischen Gebilde mit Sicherheit erkennen lasse, wenn es außerhalb stark geregnet habe.

• Unter den bezeichneten Umständen finden wir die Oberfläche des Gebirges wasser-, und in Folge dessen auch pflanzenarm, während die Wasseransammlungen in's Innere dieses anomalen Alpenstockes verlegt erscheinen. In der That stoßen wir hier auf ein vollständig subterranees Bewässerungssystem, das sich auf der Oberfläche nur hin und wieder, um schnell wieder zu verschwinden, nur bruchstückweise sehen läßt, während die wichtigeren Abflüsse solcher subterranean Wasseransammlungen an den Seiten der Iulischen Alpen, meist an tiefer liegenden Stellen, oft mit den überraschendsten Erscheinungen vergesellschaftet, hervorbrechen, um sich entweder westlich in das adriatische Meer zu ergießen, oder östlich dem mächtigen Donaugebiete zuzueilen. Doch dürfte der Erwähnung wohl werth seyn, daß schon diejenigen unterirdischen Wassermassen, welche der Beobachtung zugänglich fließen, beträchtlicher erscheinen, als das Volumen jener aus dem Gebirge hervordringenden Wässer. Namentlich gilt diese Bemerkung von den un-

ter- und oberirdischen, gegen W. gerichteten Strömen. Sollte diese Thatsache zu der Vermuthung berechtigen, daß ein Theil der Gewässer der Iulischen Alpen während ihres ganzen Verlaufes nicht an die Erdoberfläche trete, und sich daher submarin in das adriatische Meer ergieße?

Uebrigens ist der Lauf dieser theils ober-, theils unterirdischen Flüsse mit so ungewöhnlichen Erscheinungen verbunden, daß es wohl erlaubt seyn dürfte auf einige Beispiele der Art specieller einzugehen <sup>1</sup>).

Der *Poik* dringt etwa 30 Schritte breit, von SW. kommend, in die Adelsberger Grotte mit starkem Gefälle ein, durchströmt diese zum Theil, und setzt dann seinen unterirdischen Lauf gegen O. fort, bricht unfern Planina verstärkt an einer steilen Felswand hervor, und vereinigt sich bald darauf mit dem Unz, der nahe dabei unter ähnlichen Umständen als ein 50 Schritt breiter Fluß hervorbricht, und dann dem Poik seine Benennung ebenfalls mittheilt. Dieser Unz ist einige Stunden oberhalb, bei St. Kanzian, unfern Zirknitz, auf einer ganz kurzen Strecke, erschienen, auf welcher er zum Betriebe mehrerer Mühlenwerke benutzt wird, worauf er eben so gewaltig in einem Schlunde verschwindet, wie er hervorgebrochen war. Daß der Unz und der Poik bei Planina mit den bezeichneten Flußstücken wirklich identisch, davon hat man <sup>2</sup>) sich durch hineingeworfene Sägespäne und zerschnittenes Stroh überzeugt. Nach seiner Vereinigung bei Planina fließt der durch den Poik verstärkte Unz eine Stunde weit, bis Jacobowiz, um wiederum in einem Erdspalt zu verschwinden, und erst bei Ober-Laibach (wo übrigens mehrere Flüschen am Fusse des Gebirges plötzlich auf die Oberfläche hervortreten)

1) Die Hydrographie des hier besprochenen merkwürdigen Landes ist allein auf der trefflichen Karte der illirischen Provinzen vom K. K. Generalstabe verständlich und naturgemäfs dargestellt.

2) Der jüngere Postmeister in Planina mit dem Ingenieur Mühleisen.

den Lauf oberirdisch fortzusetzen, und sich dort in den Laibach zu ergießen. — Der Zirknitzbach strömt mit mannigfacher Abwechslung, bald über, bald unter der Erdoberfläche fort, bis er zwischen *Babnapoliza* und *Schneeberg* gänzlich verschwindet. — Die schönste Erscheinung der Art wird indess durch ein Flüschen herbeigeführt, welches sich unter höchst malerischen Umgebungen bei S. Kanzian unfern Triest zwischen sehr kühn gebildeten Felswänden in einen Grottenschlund stürzt. — Doch dürfte kein Theil dieses, man möchte sagen mystischen Wassersystems eine solche Berühmtheit erlangt haben, wie das Hervortreten des Timāvus aus dem Westfusse der Iulischen Alpen; denn die besonderen Umstände, unter denen es geschieht, erregten bereits die Aufmerksamkeit der Cultur-Völker des klassischen Alterthums. Nämlich nördlich von Triest fällt der Karst mit auffallender Steilheit gegen das Meer ab. Zwischen dem Fusse des Gebirges und dem Adriatischen Meere findet sich dort ein sehr schmaler Streifen niederen Vorlandes, an manchen Stellen keine Viertelstunde breit, selten breiter, fast überall nur wenig höher, als die Oberfläche des Meeres dort, zwischen Duino und Monfalcone, dringt der Timävo (so, oder auch Duino wird er dort genannt) tief am Fusse der steilen Wand des Karst hervor, und zwar sogleich wasserreich. Ich unterschied bestimmt fünf Hauptarme. Die heftige Bewegung des Wassers an manchen Stellen liefs jedoch deutlich wahrnehmen, dafs zu einigen dieser Arme mehr als *eine* Quelle zuströmten. Sieben bis neun Quellen liefsen sich hier noch füglich unterscheiden. Ich befand mich dort in der ersten Hälfte des Septembers 1839, zu einer Zeit, als die dortige Gegend etwa zehn Regentage gehabt haben mochte. Hieraus erklärte sich die ungewöhnliche Wasserfülle des Flusses, wie sie an den Ufern leicht erkennbar war. Diefs zu erwähnen, ist nicht ganz unwichtig, weil kaum bezweifelt werden kann, dafs in trock-

ner Zeit, bei niederem Wasserstande, die verschiedenen Quellen sich nicht, wie bei meiner Anwesenheit, zu *einem* Arme verbinden, sondern dann jede einzeln zum Flusse strömt. Hieraus erklärt sich nämlich die Verschiedenheit der Angaben bei den Alten über die Zahl dieser Arme, da wo sie dem Gebirge entströmen. Denn Virgil (*Aen. I, v. 245*) führt neun, Strabo (*lib. V, p. 214*, nach der zweiten Ausgabe des Casaubonus) dagegen sieben Quellen an. Der See Timāvus, von welchem bei Livius (*lib. XXXI c. 2*) die Rede ist, darf indeß nicht mit dem Flusse verwechselt werden, und möchte wohl nichts Anderes seyn, als eine der benachbarten, seitdem versumpften Lagunen zwischen Duino und Monfalcone. Die bei Livius vorkommende Beschreibung berechtigt zu dieser Vermuthung, so wie nicht minder die allmählig vielfach erfolgte Versumpfung der flachen Nordwest-Gestade des Adriatischen Meeres, wie sie unmittelbar nördlich von Duino ihren Anfang nimmt. Die vorhin erwähnten verschiedenen Arme des Flusses vereinigen sich etwa 500 Schritte nach ihrem Hervorquellen zu einem bereits gegen 200 Schritte breitem Strome, der, obschon im Niveau der niedrig gelegenen, schmalen Ebene hervorbrechend, dennoch schnellen Laufes dem eine Viertelstunde entfernten Meere zueilt <sup>1</sup>).

- 1) Eine andere, zwar nicht unmittelbar hierher gehörige Bemerkung knüpft sich an die von Strabo mitgetheilte Nachricht, indem er jene Gegend überhaupt ein Heiligthum, das Timāvon, nennt; und sagt, es sey dem Diomedes geweiht, wobei er von dem dortigen Tempel erzählt. In der That sehen wir uns noch jetzt in jener an Vegetation sonst so armen Gegend höchst angenehm überrascht, auf dem durch den Timāvo befeuchteten und befruchteten Boden Bäume und kräftig gewachsene Sträucher zu finden. Und gleichsam, damit uns jene aus dem klassischen Alterthum herrührende Beschreibung noch jetzt vollständig vergegenwärtigt werde, erhebt sich noch heut auf einem Felsvorsprunge, den geheiligten Fluthen zunächst, eine Kirche, San Stephano, ein vereinzelt stehendes Gebäude. Ist sie, wie so häufig in ähnlichen Fällen, als Fortsetzerin, als Stellvertreterin des heidnischen Heiligthums auf dem von ältester Zeit her geweihtem

Vor dem Schlusse dieses Beitrages zur Kenntniß der Naturbeschaffenheit der Iulischen Alpen will ich mir erlauben noch auf eine höchst auffallende Erscheinung aufmerksam zu machen. Ich meine nämlich die kessel- oder trichterförmigen Vertiefungen, mit denen die Oberfläche des dalmatischen und illirischen Küstengebirges bis Kärnthen, Steiermark und Croatien großentheils durchlöchert ist. Von deren Daseyn zwischen Ober-Laibach, Monfalcone, Triest und Zirknitz habe ich mich selbst überzeugt; im angegebenen weiteren Umfange sind sie von Anderen beobachtet. Meistens finden sie sich nur von geringer Größe, etwa zu 15 bis 50 Schritte im Durchmesser. Diese kleineren Vertiefungen sind regelmäßig kreisrund, in der Mitte am tiefsten. Von dem stets am meisten eingesunkenen Mittelpunkte scheint die Spaltung und das Sinken ausgegangen zu seyn; denn dort sieht man die von Seitenwänden abgerissenen Felsstücke entweder übereinander getrümmert, oder man findet daselbst in anderen Fällen Oeffnungen, die zu unterirdischen Gewölben führen, deren Umfang und Sohle nicht zu ermessen ist. Unzählige dieser kleineren Trichtervertiefungen kommen in dem bezeichneten Bezirke vor; seltener die von größerem Durchmesser, welcher jedoch in manchen Fällen eine Viertelstunde und selbst mehr betragen mag. Zu den großartigsten gehört diejenige Einsenkung, auf deren Grunde das berühmte *Idria* mit seinen Quecksilbergruben liegt. Es bedarf wohl kaum der Erinnerung, daß bei so umfangreichen Einsenkungen, wie die so eben erwähnte, die Regelmäßigkeit der kreisrunden Form, die bei jenen kleineren Senkungen so sehr auffällt, bedeutende Beschränkungen erleidet. Die gesamte merkwürdige Erscheinung mit Sicherheit zu erklären dürfte schwer möglich seyn, verschafte uns nicht eine verhältnißmäßig sehr neue Begebenheit den Schlüs-

Boden zu betrachten? Hat der vergötterte Diomedes dem heiligen Stephan an dieser Stelle weichen müssen?



sel dazu. Ich meine das lang andauernde Erdbeben in Calabrien i. J. 1783. Unter den vielfachen Veränderungen, welche die Oberfläche der betroffenen Provinz erlitt, zeichnen sich häufig wiederkehrende Risse aus, die sternförmig von *einem* Punkte aus nach allen Seiten hin den Boden mit vieler Gleichförmigkeit spalteten. In anderen Fällen waren die geborstenen Mitteltheile solcher Risse eingesunken, und dann den kreisrunden Trichteröffnungen auf dem Karst auffallend gleichend <sup>1)</sup>; man dürfte wohl berechtigt seyn, bei dieser Uebereinstimmung der Gestalt für beide Fälle eine gleiche Entstehungsweise zu vermuthen.

Auch die Umgebungen von Zirknitz gehören zu den merkwürdigen Gebilden, auf deren natürliche Beschaffenheit hier hingewiesen wurde. Zirknitz liegt nämlich in einem Thale, das von N. nach S. zwei Stunden lang, und von O. nach W. eine Stunde breit ist. Der Boden dieses Thales ist meistens eben. Nur gegen O. hebt er sich ein wenig; dort, auf einer Anhöhe, liegt das Namen verleihende Oertchen. Gegen W. aber ist die Thalebene am tiefsten gesenkt, und an ihrer westlichen Umgränzung steigen zerrissene Felswände steil auf. Diese ganze Thalebene ist mit den oben beschriebenen kleinen trichterförmigen Senkungen durchbrochen, am häufigsten jedoch in seinem westlichsten, tiefer liegenden Theile, den man, wenn er sich mit Wasser füllt, den Zirknitzer See zu nennen pflegt. Ich befand mich dort während der ersten Tage des Septembers 1839. Die vorhergehenden Sommermonate waren im Ganzen trocken gewesen, und in Folge dessen erblickte man aus der Entfernung im Zirknitzer See-Thale kein Wasser, nur Wiesengrund. Daher hatte man auch gewagt, einen Theil dieser Flächen mit Sommerfrüchten zu bestellen.

1) Dergleichen Oeffnungen und Risse, wie sie in Calabrien entstanden, sind abgebildet in *Lyell principles of Geology* (Lond. 1837) II, p. 223 — 34.

Nun aber war seit vier Tagen Regenwetter eingetreten, und man erwartete unter diesen Umständen den See binnen Kurzem in seinem ganzen Umfange (dann etwa zwei Stunden lang und eine halbe Stunde breit) hervorgetreten zu sehen. Der Eintritt des Wassers geschah, wie ich die bestimmte Ueberzeugung gewann, von unten her durch die mehr erwähnten trichterförmigen Senkungen. Verschiedene derselben waren damals noch durchaus trocken, und selbst auf ihrem Grunde, zu dem ich hinabstieg, konnte ich noch kein Hervordringen des Wassers bemerken. Andere, je nach ihrer tieferen oder höheren Lage, fingen an, sich allmählig von unten herauf zu füllen; noch andere waren bereits gefüllt, auch überfüllt, so daß aus einigen das Wasser über die benachbarten Theile des Seebodens sich schon verbreitete, aus *einem* sogar mit vieler Gewalt, indem sich das überströmende Wasser in eine andere, einige hundert Schritt entfernte, tiefer liegende Grube stürzte, wodurch ein stark rauschender Strom entstand, der nur auf einem Fahrzeuge überschritten werden konnte, welches zu dem Ende hier stets liegt, auch wenn kein Wasser vorhanden ist.

Von verständigen Leuten wurde mir fest versichert, daß die dortigen Wassererscheinungen an keine Periodicität gebunden seyen, sondern lediglich von der Witterung abhängen, und daher freilich in den nassen Jahreszeiten, wenn auch nicht bestimmt, doch häufiger wiederzukehren pflegen. Das Nämliche beobachtete bereits Partsch auf Meleda in der Nachbarschaft der dalmatischen Küste <sup>1)</sup>; und Aehnliches wiederholt sich ja sogar nicht fern von uns im sogenannten *Bauerngraben* bei *Rottleberode*, am Süd-Abhange des Harzes. Auch kann diese Angabe um so weniger bezweifelt werden, wenn man die Art des Erscheinens des sogenannten Zirknitzer Sees und die geschilderte Beschaffenheit des See-Bodens

1) Partsch, Bericht über das Detonations-Phänomen auf Meleda (Wien 1826), S. 9.

in's Auge faßt. Denn ohne Zweifel ruht das Zirknitzer Thal auf Höhlen, wie sie in jener Gegend allgemein verbreitet sind. Diese unterirdischen Gewölbe liegen jedoch bei Zirknitz so tief, daß große Wassermassen in ihnen wohl stets vorhanden seyn mögen. Die obere Decke dieser Gewölbe, das Thal von Zirknitz bildend, ist, wie oben gesagt, außerdem durchbrochen. Wenn nun jener subterrane See durch stärkere Zuflüsse, namentlich bei anhaltendem Regen, steigt, so tritt er durch die oberen Oeffnungen hervor, und dann bildet sich der sogenannte Zirknitzer See. Genau genommen, bestehen in solcher Zeit zwei Seen über einander, ein ober- und ein unterirdischer; zwischen beiden liegt dann ein durchlöcherter, siebähnlicher Boden.

---

#### XIV. *Temperatur im Bohrloche von Grenelle bei Paris*

---

Das auf dem Schlachthofe bei Grenelle niedergetriebene Bohrloch, dessen in den Annalen schon öfters, zuletzt im Bd. XXXVIII S. 382 gedacht worden, hatte im August dieses Jahres die Tiefe von 505 Meter = 1555 Par. Fufs. In dieser Tiefe, unter der mächtigen Kreidebank, im Gault-Thon, der die gesuchten wasserführenden Schichten bedecken muß, ergab sich aus einer Reihe von Beobachtungen mit sechs Walferdin'schen Ausfluß-Thermometern, für die Temperatur das Resultat  $26^{\circ},43$  C. =  $21^{\circ},14$  R. Darnach kommen, auf  $1^{\circ}$  C. Temperaturzunahme,  $31^{\text{m}},9$ , wenn man von  $10^{\circ},6$  C., der Mitteltemperatur des Pariser Bodens ausgeht, oder  $32^{\text{m}},3$ , wenn man  $11^{\circ},7$  C., die Temperatur des Kellers der Sternwarte in 28 Met. Tiefe zum Ausgangspunkt wählt. (*Compt. rend. T. XI p. 707.*)

---

**XV. Ueber die Temperatur der Westseite von  
Südamerika;  
von Dr. Alexander Berg in Berlin.**

Ueber die Temperatur der Westseite von Südamerika besitzen wir nur so fragmentarische Nachrichten, daß ein Versuch, diese Fragmente zu einem zusammenhängenden Ganzen zusammenzustellen, nicht ohne allen Nutzen und ohne alles Interesse zu seyn scheint, selbst wenn sich später aus zahlreicheren Beobachtungen ergeben sollte, daß darin mannichfache Irrthümer vorgekommen wären. Auf jeden Fall gewinnen wir auch jetzt schon durch einen solchen Versuch eine bestimmte Ansicht, deren mögliche Fehler sich überblicken lassen.

Es ist bekannt, daß ein Strom kalten Wassers, die *Humboldt-Strömung*, welche, nach den Untersuchungen des Hrn. Duperrey <sup>1)</sup>, ihren Anfang in der antarctischen Driftströmung des grossen Oceans nimmt, zwischen Concepcion und Valparaiso an die Küste von Chili anprallt, und, sich hier theilend, südlich gegen Cap Horn und nördlich längs der Küste von Chile und Peru bis Cabo Blanco (4° 20' s. Br.) verläuft, von wo sie westlich in die große Aequatorialströmung übergeht, eine viel geringere Temperatur der Westseite Südamerikas bis Cabo Blanco bewirkt, als sie nach der Polhöhe stattfinden sollte. Indessen ist auch hier der Einfluß der Polhöhe auf die Verbreitung der Wärme unverkennbar, und es wird sich aus dem Folgenden ergeben, daß der bekannte Ausdruck für die Wärmeverbreitung  $t \varphi = a + b \cos^2 \varphi$  (wo  $t$  die mittlere Temperatur,  $\varphi$  die Breite, und  $a$  und  $b$  zwei aus den Beobachtungen zu suchende

1) A. v. Humboldt's Memoir über Meeresströme, in Berghaus Länder- und Völkerkunde, Bd. I S. 591 bis 592.

Constanten bedeuten), ohne beträchtliche Fehler benutzt werden kann, um aus den vorhandenen Beobachtungen das Gesetz annäherungsweise zu ermitteln. Es entstehen jedoch durch das stärkere oder schwächere Fließen dieser Strömung und durch andere Einflüsse nicht unbedeutende Abweichungen von dem gewöhnlichen Verhalten der Temperatur zur Polhöhe, und wir dürfen daher immer nur kleinere Abtheilungen, nicht das ganze Littoral zusammengenommen, thermologisch untersuchen, wenn wir auf den zu untersuchenden Theil ein und dasselbe Gesetz anwenden wollen. Auch müssen wir auf die Lage der Beobachtungen, deren eine eben nicht große Anzahl vorhanden ist, Rücksicht nehmen, so daß wir immer für einen möglichst kleinen Theil möglichst viele Beobachtungen zusammen haben.

Folgendes sind die mir bekannt gewordenen Beobachtungen:

J a n u a r <sup>2)</sup> .							
südl. Br.	beob.	ber.	Differ.	südl. Br.	beob.	ber.	Differ.
56° 19'	7°,0	6°,7	—0,3	49° 4'	8°,3	9°,0	+0,7
56 17	7 ,1	6 ,7	—0,4	43 54	12 ,8	13 ,1	+0,3
56 13	6 ,3	6 ,7	+0,4	43 0	14 ,4	13 ,8	—0,6
55 9	7 ,8	7 ,0	—0,8	42 9	15 ,3	14 ,5	—0,8
54 46	7 ,2	7 ,1	—0,1	41 16	16 ,1	15 ,2	—0,9
54 31	8 ,0	7 ,1	—0,9	37 19	16 ,6	18 ,2	+1,6
52 3	7 ,0	7 ,ä	+0,7				
50 19	8 ,3	8 ,2	—0,1				
49 4	8 ,3	8 ,5	+0,2				

Aus den Beobachtungen von 56° 19' bis 49° 4' erhalten wir mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate die Gleichung:

$$t\varphi = 2^{\circ},15 + 14^{\circ},82 \cos^2 \varphi.$$

- 2) Sämmtliche Beobachtungen sind von Herrn Meyen angestellt, aus dessen in seiner Reisebeschreibung mitgetheiltem Journal ich aus den einzelnen Stunden die Tagesmittel berechnet habe. — Die Réaumur'schen Grade habe ich hier (wie überhaupt immer) auf Centesimalgrade reducirt.

Dagegen giebt die Reihe von Beobachtungen von  $49^{\circ} 4'$  bis  $37^{\circ} 19'$  den Ausdruck:

$$t\varphi = -10^{\circ},47 + 45^{\circ},41 \cos^2 \varphi.$$

Nach diesen Formeln sind die in der mit berechnet bezeichneten Spalte enthaltenen Werthe gewonnen. Es ergibt sich hier daraus die Temperatur des Januars:

Nach Ausdruck I:  
bei  $55^{\circ}$  s. Br.  $7^{\circ},0$   
- 50 - -  $8^{\circ},3$

Nach Ausdruck II:  
bei  $50^{\circ}$  s. Br.  $8^{\circ},3$   
- 45 - -  $12^{\circ},2$   
- 40 - -  $16^{\circ},2$   
- 35 - -  $20^{\circ},0$   
- 30 - -  $22^{\circ},6$ .

#### M ä r z.

südl. Br.	beob.	ber.	Differ.	südl. Br.	beob.	ber.	Differ.
$56^{\circ} 3'$	$3^{\circ},5^3)$	$3^{\circ},9$	$+0^{\circ},4$	$55^{\circ}$	$5^{\circ},0^4)$	$4^{\circ},3$	$-0^{\circ},7$
55 56	$4^{\circ},3^3)$	$4^{\circ},0$	$-0^{\circ},3$	50	$6^{\circ},3^4)$	$6^{\circ},4$	$+0^{\circ},1$
55 52	$3^{\circ},5^3)$	$4^{\circ},0$	$+0^{\circ},5$	48	$7^{\circ},2^4)$	$7^{\circ},2$	$0^{\circ},0$

Die berechneten Werthe ergeben sich durch die aus den Beobachtungen erhaltene Formel:

$$t\varphi = -3^{\circ},59 + 24^{\circ},12 \cos^2 \varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des März:

bei  $55^{\circ}$  s. Br.  $4^{\circ},3$   
- 50 - -  $6^{\circ},4$ .

#### A p r i l.

südl. Br.	beob.	ber.	Differ.	südl. Br.	beob.	ber.	Differ.
$57^{\circ} 57'$	$2^{\circ},0^5)$	$3^{\circ},7$	$+1^{\circ},7$	$45^{\circ}$	$10^{\circ},6^4)$	$10^{\circ},4$	$-0^{\circ},2$
55 52	$6^{\circ},6^6)$	$4^{\circ},5$	$-2^{\circ},1$	42	$11^{\circ},9^4)$	$12^{\circ},3$	$+0^{\circ},4$
53 38	$5^{\circ},0^7)$	$5^{\circ},4$	$+0^{\circ},4$	39	$12^{\circ},5^4)$	$14^{\circ},1$	$+1^{\circ},6$
				37	$17^{\circ},9^8)$	$15^{\circ},5$	$-2^{\circ},4$
				$33^{\circ}$	$16^{\circ},8^4)$	$17^{\circ},6$	$+0^{\circ},8$
				33	$17^{\circ},7^8)$	$17^{\circ},6$	$-0^{\circ},1$

3) Princess Louise dritte Reise, bei Berghaus, L. u. V. z. I, S. 573

4) Mentor's Reise, 1823, daselbst S. 480.

5) Christian's Reise, daselbst S. 365.

6) Beobachtung von Webster zu Martinscove, daselbst S. 178.

7) Beobachtung des Capt. King in Port Famine, daselbst S. 181.

8) Poeppig's Beobachtungen zu Concon ( $33^{\circ}$  s. Br.) und Talcahuano ( $37^{\circ}$  s. Br.) in Poeppig's Reise, I, S. 323.

Aus den Beobachtungen von  $57^{\circ} 57'$  bis  $53^{\circ} 38'$  ergibt sich:

$$t\varphi = -3^{\circ},40 + 25^{\circ},19 \cos^2 \varphi,$$

aus den von  $45^{\circ}$  bis  $33^{\circ}$  s. Br.:

$$t\varphi = -7^{\circ},38 + 35^{\circ},59 \cos^2 \varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des April:

Nach Ausdruck I:

bei  $55^{\circ}$  s. Br.  $4^{\circ},9$

- 50 - -  $7^{\circ},0$

Nach Ausdruck II:

bei  $50^{\circ}$  s. Br.  $7^{\circ},3$

- 45 - -  $10^{\circ},4$

- 40 - -  $13^{\circ},5$

- 35 - -  $16^{\circ},5$

- 30 - -  $19^{\circ},3$

#### J u l i.

s. Br.	beob.	ber.	Diff.	s. Br.	beob.	ber.	Diff.
$55^{\circ}$	$1^{\circ},8^{\circ})$	$1^{\circ},8$	$0^{\circ},0$	$47^{\circ}$	$4^{\circ},6^{\circ})$	$5^{\circ},4$	$+0^{\circ},8$
$50\frac{1}{2}$	$3^{\circ},5^{\circ})$	$3^{\circ},4$	$-0^{\circ},1$	42	$8^{\circ},3^{\circ})$	$7^{\circ},9$	$-0^{\circ},4$
47	$4^{\circ},6^{\circ})$	$4^{\circ},6$	$0^{\circ},0$	41	$9^{\circ},0^{\circ})$	$8^{\circ},4$	$-0^{\circ},6$
				37	$11^{\circ},2^{\circ})$	$10^{\circ},4$	$-0^{\circ},8$
				35	$11^{\circ},3^{\circ})$	$11^{\circ},4$	$+0^{\circ},1$
				33	$11^{\circ},5^{\circ})$	$12^{\circ},3$	$+0^{\circ},8$

Aus den ersten drei Beobachtungen ist:

$$t\varphi = -4^{\circ},92 + 20^{\circ},59 \cos^2 \varphi,$$

und den letzten:

$$t\varphi = -8^{\circ},22 + 29^{\circ},23 \cos^2 \varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des Juli:

Nach

9) Christian's Reise, 1827, bei Berghaus L. u V. z. I, S. 481.

10) Mittel, aus den Beobachtungen des Capt. Fitz Roy in S. Carlos auf Chiloë um  $21^h$ . Da die Temperatur dieser Stunde dem wahren Tagesmittel sehr nahe kommt, so ist sie hier als solches angenommen, indem außer der Temperatur dieser Stunde nur die absoluten Maxima und Minima mitgetheilt worden sind. In *Biblioth. univers. de Genève*, No. 44, Août 1839, p. 297, Uebersetzung aus dem ersten Bande der Reise der Schiffe Adventure und Beagle um die südlichen Küsten von Amerika.

Nach Ausdruck I:

bei 55° s. Br.	1°,6
- 50 - -	3,6

Nach Ausdruck II:

bei 50° s. Br.	3°,8
- 45 - -	6,4
- 40 - -	9,4
- 35 - -	11,3
- 30 - -	13,7

A u g u s t.

s. Br.	beob.	ber.	Differ.	s. Br.	beob.	ber.	Differ.
55°	3°,5 °)	3°,6	+0°,1	45°	9°,3 °)	9°,2	—0°,1
50	7,9 °)	6,9	—1,0	39	10,6 °)	10,7	+0,1
45	9,3 °)	9,8	+0,5	37	10,8 °)	11,2	+0,4
				34	13,0 °)	11,9	—1,1
				33	11,4 °)	12,1	+0,7

Von 55° bis 45° ist:

$$t\varphi = -7°,00 + 33°,58 \cos^2 \varphi,$$

von 45° bis 33°:

$$t\varphi = +2°,09 + 14°,26 \cos^2 \varphi.$$

Darnach ist die Temperatur des August:

Nach Ausdruck I.

bei 55° s. Br.	3°,6
- 50° - -	6,9

Nach Ausdruck II:

bei 50° s. Br.	8°,0
- 45 - -	9,2
- 40 - -	10,4
- 35 - -	11,7
- 30 - -	12,8

S e p t e m b e r.

südl. Br.	beobacht.	berechn.	Differenz.
33°	13°,2 °)	13°,1	—0°,1
37	10,9 °)	11,0	+0,1
42	8,3 °)	8,3	0,0.

Die berechneten Werthe ergeben sich aus der Gleichung:

$$t\varphi = -9°,39 + 32°,00 \cos^2 \varphi.$$

Hiernach ist die Temperatur des September:



bei 50° s. Br. 3°,8  
 - 45 - - 6,6

bei 40 s. Br. 9°,4  
 - 35 - - 12,1  
 - 30 - - 14,6.

## O c t o b e r.

südl. Br.	beobachtet	berechnet	Differenz.
33°	14°,5 <sup>s)</sup>	14°,5	0
37	12,8 <sup>s)</sup>	12,8	0
42	10,5 <sup>1°)</sup>	10,5	0.

Es ist hier:

$$t\varphi = -3°,89 + 26°,13 \cos^2 \varphi,$$

und danach die Temperatur des October:

bei 50° s. Br. 6°,9      bei 35° s. Br. 13°,6  
 - 45 - - 9,2      - 30 - - 15,5  
 - 40 - - 11,4.

D e c e m b e r <sup>2)</sup>.

s. Br.	beob.	ber.	Differ.	s. Br.	beob.	ber.	Differ.
59° 20'	5°,7	6°,4	+0°,7	58° 1'	6°,9	6°,6	-0°,3
58 57	7,0	6°,5	-0,5	57 34	6,5	6,7	+0,2
58 44	6,3	6,5	+0,2	57 26	8,0	6,7	-1,3
58 13	5,2	6,6	+1,4	54 31	6,8	7,2	+0,4
58 5	7,1	6,6	-0,5.				

Es findet sich daraus:

$$t\varphi = +3°,61 + 10°,82 \cos^2 \varphi.$$

Die Temperatur des December ist danach:

bei 55° s. Br. 7°,2  
 - 50 - - 8,1,

Die nach diesen zwölf Ausdrücken bezeichneten Temperaturwerthe sind in der folgenden kleinen Tafel zusammengestellt:

Monat	s ü d l i c h e B r e i t e						
	erste Reihe		zweite Reihe				
	55°	50°	50°	45°	40°	35°	30°
Jan.	7°,0	8°,2	8°,3	12°,2	16°,2	20°,0	22°,6
März.	4 ,3	6 ,4	—	—	—	—	—
Apr.	4 ,9	7 ,0	7 ,3	10 ,4	13 ,5	16 ,5	19 ,3
Juli	1 ,6	3 ,6	3 ,8	6 ,4	9 ,4	11 ,3	13 ,7
Aug.	3 ,6	6 ,9	8 ,0	9 ,2	10 ,4	11 ,7	12 ,8
Sept.	—	—	3 ,8	6 ,6	9 ,4	12 ,1	14 ,6
Oct.	—	—	6 ,9	9 ,2	11 ,4	13 ,6	15 ,5
Dec.	7 ,2	8 ,1	—	—	—	—	—

Dafs die in dieser Tabelle enthaltenen Temperaturwerthe noch nicht die möglichst richtigen seyen, sondern uns zuvörderst nur einen Anhalt für die fernere Untersuchung gewähren können, mufs schon daraus einleuchten, dafs die Beobachtungen selbst, aus welchen sie gewonnen sind, mancherlei Unbestimmtes an sich tragen, indem für dieselbe Gegend in der Regel nur an Einem Tage beobachtet wurde, indem viele der benutzten Beobachtungen nur am Ende oder Anfange eines Monates gemacht wurden, so dafs es einigermafsen zweifelhaft war, für welchen Monat man sie gelten lassen durfte (was besonders von den meisten Beobachtungen des August gilt, und aus welchem Grunde auch die Meyen'schen Beobachtungen vom December zum Theil höher sind, als die vom Januar) indem ferner die Beobachtungen nicht in demselben Jahre, nicht unter demselben Meridian geschahen, und indem Beobachtungen auf der See mit solchen an der Küste untermischt benutzt werden mufsten. Die drei ersten Beobachtungen vom März fanden sogar unter östlicher Länge von Südamerika statt. Betrachten wir nun die in dieser Tabelle enthaltenen Gröfsen näher, so scheint sich gleich bemerkbar zu machen, wie auch schon aus der grofsen Verschiedenheit der Formeln hervorgeht, dafs der Gang der Temperatur vom 55sten Grade der Breite zum 50sten ein anderer ist, als vom 50sten

zum 30sten Grade, daß nämlich in der letzteren Reihe — mit Ausnahme des Augusts — die Zunahme der Temperatur nach dem Aequator zu viel schneller stattfindet, als in der ersteren. Für den August sind die Werthe vom 55sten bis 45sten Grade offenbar zu hoch, weil die Beobachtungen in dessen Ende oder vielleicht gar in den Anfang des Septembers fielen. Aehnliche bedeutendere Abweichungen werden wir auch weiter unten bei einer Vergleichung der als Endresultat erhaltenen Werthe für die Monate April bis Juni zu Talcabano und für den Mai zu Concon \*) finden, wie es scheint, weil diese Orte durch Hügel gegen die kalten Andeswinde gesichert sind, und dadurch eine höhere Temperatur erhalten.

Suchen wir nach den in der Tabelle enthaltenen Zahlen annäherungsweise die Jahresmittel ( $T$ ) dadurch, daß wir das Mittel aus gleich weit von einander entfernten Monaten, also in der ersten Reihe aus Januar und Juli, in der zweiten Reihe aus Januar und Juli, und aus April und October nehmen, und den Unterschied der Temperatur der wärmsten und kältesten Monate, so ergibt sich:

s. Breite	55°	50°	50°	45°	40°	35°	30°
$T$	4°,3	5°,8	6°,6	9°,2	12°,6	15°,3	17°,8
		<u>6°,2</u>					
$M - m$	5°,4	4°,6	4°,5	5°,8	6°,7	8°,6	9°,9

Wir können diese Werthe benutzen, um aus ihnen, mit Hülfe der von Hrn. Kämtz mitgetheilten Horner'schen Coëfficienten (welche, mit  $M - m$  multiplicirt, das Product liefern, das zu der Temperatur eines jeden Monats addirt werden muß, um die Jahresmitteltemperatur zu ergeben, welche also auch, wenn man das Jahresmittel kennt, auf umgekehrte Weise zur Ermittlung der Monatstemperaturen dienen können), die Monatsmittel annäherungsweise zu berechnen, natürlich mit Umkehrung der Monate, des Juli in Januar u. s. w. Wir erhal-

ten dann die in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Werthe:

südl. Breite	55°	50°	45°	40°	35°	30° <sup>11)</sup>
Januar	7°,0	8°,3	12°,2	16°,1	19°,7	21°,6
Februar	6,9	8,2	12,0	15,9	19,5	22,9
März	6,0	7,4	11,0	14,7	18,0	22,7
April	4,5	6,2	9,4	12,9	15,6	20,9
Mai	3,0	4,9	7,8	11,0	13,3	18,1
Juni	2,0	4,1	6,7	9,7	11,6	15,5
Juli	1,7	3,8	6,4	9,4	11,1	13,6
August	2,0	4,1	6,8	9,7	11,6	13,0
September	2,8	4,8	7,6	10,7	12,9	13,6
October	4,0	5,7	8,8	12,2	14,7	15,1
November	5,2	6,8	10,2	14,3	16,8	17,2
December	6,4	7,7	11,4	15,2	18,6	19,4
Jahr	4°,3	6°,2	9°,2	12°,6	15°,3	17°,8.

Diese vollständigere Tafel gewährt uns nun das Mittel, auf ähnliche Weise wie es oben aus den unvollständigeren Beobachtungen geschehen ist, für diese Gegend für jeden Monat und für den Jahresdurchschnitt von der Polhöhe abhängige Ausdrücke zu suchen. Wir finden daraus, mit Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate für die Gegend zwischen 50° und 30° südl. Breite folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned}
 &\text{für Januar} && t\varphi = -7^{\circ},23 + 39^{\circ},05 \cos^2 \varphi \\
 &- \text{Februar} && t\varphi = -9,83 + 43,70 \cos^2 \varphi \\
 &- \text{März} && t\varphi = -11,28 + 44,84 \cos^2 \varphi \\
 &- \text{April} && t\varphi = -11,32 + 41,64 \cos^2 \varphi
 \end{aligned}$$

11) Die Temperaturwerthe für 30° s. Br. sind um einen Monat vorgeschoben, weil hier der August der kälteste Monat zu seyn scheint, auch ist dann die Summe der Quadrate der Differenzen zwischen diesen Werthen und denen, aus welchen sie berechnet sind, geringer, als wenn diese Verschiebung nicht stattfindet, was für die höheren Breiten sich anders verhält. Man vergleiche den weiter unten mitgetheilten Gang der Temperatur zu Lima.

für Mai	$t\varphi = -7^{\circ},73 + 32^{\circ},10 \cos^2 \varphi$
- Juni	$t\varphi = -9,61 + 32,75 \cos^2 \varphi$
- Juli	$t\varphi = -7,95 + 28,78 \cos^2 \varphi$
- August	$t\varphi = -6,63 + 26,82 \cos^2 \varphi$
- September	$t\varphi = -5,97 + 27,21 \cos^2 \varphi$
- October	$t\varphi = -5,86 + 29,37 \cos^2 \varphi$
- November	$t\varphi = -5,98 + 32,59 \cos^2 \varphi$
- December	$t\varphi = -5,14 + 33,55 \cos^2 \varphi$
- das Jahr	$t\varphi = -8,38 + 35,20 \cos^2 \varphi$

Die Ausdrücke für die Gegend zwischen  $55^{\circ}$  und  $50^{\circ}$  sind:

für Januar	$t\omega = +1^{\circ},93 + 15^{\circ},44 \cos^2 \varphi$
- Februar	$t\varphi = +1,83 + 15,44 \cos^2 \varphi$
- März	$t\varphi = +0,54 + 16,62 \cos^2 \varphi$
- April	$t\varphi = -2,14 + 20,19 \cos^2 \varphi$
- Mai	$t\varphi = -4,42 + 22,56 \cos^2 \varphi$
- Juni	$t\varphi = -6,20 + 24,94 \cos^2 \varphi$
- Juli	$t\varphi = -6,50 + 24,94 \cos^2 \varphi$
- August	$t\varphi = -6,20 + 24,94 \cos^2 \varphi$
- September	$t\varphi = -5,01 + 23,75 \cos^2 \varphi$
- October	$t\varphi = -2,64 + 20,19 \cos^2 \psi$
- November	$t\varphi = -1,04 + 19,00 \cos^2 \varphi$
- December	$t\varphi = +1,32 + 15,44 \cos^2 \varphi$
- das Jahr	$t\varphi = +3,12 - 22,56 \cos^2 \varphi$

Vergleichen wir jetzt die wirklichen Beobachtungen mit den aus diesen Ausdrücken sich ergebenden Größen:

#### J a n u a r.

s. Breite	beob.	ber.	Differ.	s. Breite	beob.	ber.	Differ.
$56^{\circ} 19'$	$7^{\circ},0$	$6^{\circ},7$	$-0^{\circ},3$	$49^{\circ} 4'$	$8^{\circ},3$	$9^{\circ},5$	$+1^{\circ},2$
56 17	7,1	6,7	-0,4	43 54	12,8	13,0	+0,2
56 13	6,3	6,7	+0,4	42 9	15,3	14,2	-1,1
55 9	7,8	7,0	-0,8	41 16	16,1	14,8	-1,3
54 46	7,2	7,0	-0,2	37 19	16,6	17,4	+0,8
54 31	8,0	7,1	-0,9				
52 3	7,0	7,8	+0,8				
50 19	8,3	8,2	-0,1				
49 4	8,3	8,6	+0,3				

## M ä r z

s. Breite	beob.	ber.	Differ.	s. Breite	beob.	ber.	Differ.
56° 3'	3°,5	5°,7	+2°,2	55° 0'	5°,0	6°,0	+1°,0
55 56	4 ,3	5 ,7	+1 ,2	50 0	6 ,3	7 ,4	+1 ,1
55 52	3 ,5	5 ,8	+2 ,3	48 0	7 ,2	8 ,0	+0 ,8

## A p r i l

57° 57'	2°,0	3°,5	+1°,0	45°	10°,6	9°,5	-1°,1
55 52	6 ,6	4 ,2	-2 ,4	42	11 ,9	11 ,7	-0 ,2
53 38	5 ,0	5 ,0	0 ,0	39	12 ,5	13 ,8	+1 ,3
				37	17 ,9	15 ,2	-2 ,7
				33	16 ,8	17 ,9	+1 ,1
				33	17 ,7	17 ,9	+0 ,2

## M a i

s. Breite	beob.	berechn.	Differ.
37°	15°,5 °)	12°,7	-2°,8
33	16 ,3 °)	14 ,8	-1 ,5

## J u n i

37°	13°,8 °)	11°,3	-2°,5
33	13 ,6 °)	13 ,4	-0 ,2

## J u l i

s. Br.	beob.	ber.	Differ.	s. Br.	beob.	ber.	Differ.
55°	1°,8	1°,7	-0°,1	47°	4°,6	5°,4	+0°,8
50½	3 ,5	3 ,6	+0 ,1	42	8 ,3	7 ,9	-0 ,4
47	4 ,6	5 ,1	+0 ,5	41	9 ,0	8 ,9	-0 ,1
				37	11 ,2	10 ,4	-0 ,8
				35	11 ,3	11 ,4	+0 ,1
				33	11 ,5	12 ,3	+0 ,8

## A u g u s t

55°	3°,5	2°,0	-1°,5	45°	9°,3	6°,8	-2°,5
50	7 ,9	4 ,4	-3 ,5	39	10 ,6	9 ,5	-1 ,1
45	9 ,3	6 ,8	-2 ,5	37	10 ,8	10 ,5	-0 ,3
				34	13 ,0	11 ,8	-1 ,2
				33	11 ,4	12 ,2	+0 ,8

## S e p t e m b e r.

s. Breite	beob:	berechn.	Differ.
33°	13°,2	13°,2	0°,0
37	10,9	13,4	—0,5
42	8,3	9,0	+0,7

## O c t o b e r.

33°	14°,5	14°,8	+0°,3
37	12,8	12,9	+0,1
42	10,5	10,3	—0,2

## N o v e m b e r.

42°	11°,9 <sup>10)</sup>	12°,0	+0°,1
-----	----------------------	-------	-------

## D e c e m b e r.

s. Breite	beob.	ber.	Differ.	s. Breite	beob.	ber.	Differ.
59° 20'	5°,7	5°,3	—0°,4	58° 1'	6°,9	5°,6	—1°,3
58 57	7,0	5,4	—1,6	57 34	6,5	5,8	—0,7
58 44	6,3	5,4	—0,9	57 26	8,0	5,8	—2,2
58 13	5,2	5,5	+0,3	54 31	6,8	6,5	—0,3
58 5	7,1	5,6	—1,5				

Mittelst Anwendung dieser 26 Ausdrücke erhalten wir folgende Tafel:

südl. Breite	55°	50° <sup>12)</sup>	45°	40°	35°	30°
Januar	7°,0	8°,6	12°,3	15°,7	19°,0	22°,0
Februar	6,9	8,2	12,0	15,8	19,5	22,9
März	6,0	7,3	11,1	15,0	18,8	22,3
April	4,5	6,0	9,5	13,2	16,6	19,9
Mai	3,0	5,2	8,3	11,1	13,8	16,4
Juni	2,0	4,0	6,8	9,6	12,3	15,0
Juli	1,7	3,9	6,4	9,2	11,4	13,6
August	2,0	4,2	6,8	9,1	11,4	13,5
September	2,8	5,0	7,6	10,0	12,3	14,4
October	4,0	6,0	8,8	11,4	13,8	16,2
November	5,2	7,1	10,3	13,1	15,9	18,5
December	6,4	8,2	11,6	14,5	17,4	20,0

12) Es ist zu den Größen dieser Spalte das Mittel zwischen den aus beiden Formeln sich ergebenden genommen.

südl. Breite	55°	50°	45°	40°	35°	30°
Jahr	4°,3	6°,2	9°,2	12°,3	15°,2	18°,0
Winter <sup>1 2)</sup> a	1°,9	4°,1	6°,7	9°,4	11°,7	13°,8
Frühling	4°,8	6°,2	8°,9	13°,0	15°,7	18°,2
Sommer	6°,8	8°,3	12°,0	15°,5	19°,3	22°,4
Herbst	4°,5	6°,2	9°,6	11°,3	14°,2	17°,1

Für den Raum zwischen dem 33sten und 12ten Grade der Breite sind mir folgende Beobachtungen bekannt:

D e c e m b e r <sup>13)</sup>.

südl. Breite	beob.	ber.	Differenz
32°	17°,5	18°,2	+0°,5
31	18°,5	18°,5	0°,0
30	19°,0	18°,9	-0°,1
29	19°,0	19°,2	+0°,2
28	20°,6	19°,5	-1°,1
27	19°,6	19°,8	+0°,2
25	20°,6	20°,4	-0°,2
23	21°,2	21°,0	-0°,2
22	21°,6	21°,3	-0°,3
20	20°,6	21°,8	+1°,2
18	22°,0	22°,3	+0°,3
17	24°,7	22°,3	-2°,2
12°,3 <sup>14)</sup>	22°,2	23°,4	+1°,2

Aus den Beobachtungen geht die Gleichung hervor:

$$t\varphi = +2^\circ,50 + 21^\circ,84 \cos^2 \varphi,$$

nach welcher die berechneten Werthe bestimmt sind.

12a) Winter sind die drei kältesten Monate (also von 55° bis 45° Juni, Juli, August; von 40° bis 30° Juli, August, September), Sommer die drei wärmsten (also von 55° bis 45° December, Januar, Februar; von 40° bis 30° Januar, Februar, März), Frühling und Herbst die dazwischen liegenden Zeiten.

13) Die Mittel aus den einzelnen Beobachtungen des Hrn. Dirckinck von Holmfeld vom 16. bis 31. December 1824, mitgetheilt in Meyen's Reise, II, S. 49. 50.

14) Beobachtungen von Alexander von Humboldt, in dessen Memoir über Meeresströme bei Berghaus L. u. V. k. I, 583.



## M ä r z.

23° 3' 19°,1 <sup>15</sup>)20 17 22,9 <sup>15</sup>)12 3 21,0 <sup>16</sup>).

Es läßt sich aus diesen wenigen Beobachtungen noch kein Gesetz entwickeln, weil nach denselben  $b \cos^2 \varphi$  negativ werden würde.

## A p r i l.

16° 22°,0 <sup>17</sup>)

Beobachtungen im Callao, dem Hafen von Lima, unter 12° 3' südlicher Breite.

Januar 23°,3 <sup>16</sup>)August 16°,5 <sup>16</sup>)März 21,0 <sup>16</sup>)November 20,2 <sup>19</sup>)Mai 19,2 <sup>18</sup>)December 22,2 <sup>14</sup>)Juni 18,2 <sup>16</sup>)

Die Beobachtungen vom December, März und April stehen zu isolirt da, um einen Anhalt zur ferneren Untersuchung zu gewähren; dagegen sind die vom Callao, so sehr sie auch zusammengesucht sind, einigermaßen dazu zu benutzen. Schon aus einer oberflächlichen Betrachtung derselben scheint hervorzugehen, daß der jährliche Gang der Temperatur hier sich auf ähnliche Weise

15) Mittel aus den Beobachtungen des Hrn. Meyen am 23., 25. März 1831, in Meyen's Reise, II, S. 50. 51.

16) Beobachtung des Hrn. von Dirckinck, in von Humboldt's Memoir über Meeresströme, bei Berghaus L. u. V. k., I, S. 586.

17) Mittel aus den Beobachtungen des Hrn. Meyen am 28. April 1831 Meyen's Reise, II, S. 48.

18) Mittel aus den Beobachtungen des Hrn. Meyen am 3. Mai 1831. Dasselbst S. 54.

19) Mittel aus v. Humboldt's Beobachtungen (3 Tage) in Hamb. Reise, Bd. V S. 618 Tab. IX, und desselben bei Berghaus, L. u. V. k. I, S. 576.

verhalte, als in den Gegenden außerhalb der Wendekreise, und wir werden in dieser Ansicht durch eine vollständige Beobachtungsreihe für Lima vom Jahre 1799 und 1800 bestärkt, welche Hr. Berghaus <sup>20)</sup> nach einer handschriftlichen Mittheilung Al. v. Humboldt's bekannt gemacht. Berechnen wir daraus, mit Anwendung der Horner'schen Coëfficienten, die einzelnen Monatstemperaturen, und ordnen die erhaltenen Werthe so (wie es oben für 30° südl. Breite <sup>11)</sup> geschehen ist), daß, statt Januar, August u. s. w. gesetzt wird, so ergeben sich die in der folgenden kleinen Tafel mit berechnet bezeichneten Werthe:

## L i m a.

Monat	beob.	ber.	Differ.	Monat	beob.	ber.	Differ.
Jan.	25°,6	25°,3	—0°,3	Juli	20°,3	19°,4	—0°,9
Febr.	26 ,6	26 ,6	0 ,0	Aug.	19 ,6	18 ,9	—0 ,7
März	26 ,7	26 ,4	—0 ,3	Sept.	19 ,0	19 ,4	+0 ,4
April	25 ,2	25 ,1	—0 ,1	Oct.	20 ,7	20 ,5	—0 ,2
Mai	23 ,0	22 ,9	—0 ,1	Nov.	22 ,2	22 ,1	—0 ,1
Juni	20 ,2	20 ,4	+0 ,2	Dec.	23 ,8	23 ,9	+0 ,1

Die Uebereinstimmung der beobachteten und der berechneten Größen ist hier so auffallend, daß es wahrscheinlich wird, daß man ohne bedeutenden Irrthum dasselbe Verfahren für das nur 2 Leguas davon entfernte Callao anwenden könne. Wir erhalten dann:

## C a l l a o.

Monat	beob.	ber.	Differ.	Monat	beob.	ber.	Differ.
Jan.	23°,3	22°,6	—0°,7	Juli	—	17°,0	—
Febr.	—	23 ,5	—	Aug.	16°,5	16 ,6	+0°,1
März	21 ,0	23 ,4	+2 ,4	Sept.	—	17 ,0	—
April	—	22 ,1	—	Oct.	—	18 ,0	—
Mai	19 ,2	20 ,2	+1 ,0	Nov.	20 ,2	19 ,5	—0 ,7
Juni	18 ,2	18 ,3	+0 ,1	Dec.	22 ,2	21 ,1	—1 ,1
				Jahr	—	19°,9	—

1) Berghaus, L. u. V. k. I, S. 589.

Außer der bedeutenden Abweichung im März, die uns nicht eben befremden kann, da, nach Hrn. Meyens Beobachtungen, schon unter  $20^{\circ} 17'$  südl. Breite sich ein Tagesmittel von  $22^{\circ},9$  — also fast um  $2^{\circ}$  höher, als hier unter  $12^{\circ} 3'$  südl. Breite — ergeben hat, stimmen die beobachteten und die berechneten Werthe so gut überein, als es hier überhaupt nur erwartet werden kann. Wir werden daher die so erhaltenen Gröſsen mit den oben für den 30sten Grad gewonnenen zur Bestimmung der Temperatur zwischen  $30^{\circ}$  und  $12^{\circ}$  südl. Breite benutzen, und finden daraus folgende Ausdrücke:

Januar	$t\varphi = +19^{\circ},82 + 2^{\circ},91 \cos^2 \varphi$
Februar	$t\varphi = 20,72 + 2,91 \cos^2 \varphi$
März	$t\varphi = 18,31 + 5,33 \cos^2 \varphi$
April	$t\varphi = 11,91 + 10,66 \cos^2 \varphi$
Mai	$t\varphi = 2,59 + 18,42 \cos^2 \varphi$
Juni	$t\varphi = 3,00 + 16,00 \cos^2 \varphi$
Juli	$t\varphi = 1,24 + 16,48 \cos^2 \varphi$
August	$t\varphi = 2,24 + 15,02 \cos^2 \varphi$
September	$t\varphi = 4,95 + 12,60 \cos^2 \varphi$
October	$t\varphi = 9,56 + 8,72 \cos^2 \varphi$
November	$t\varphi = 14,87 + 4,84 \cos^2 \varphi$
December	$t\varphi = 16,00 + 5,33 \cos^2 \varphi$
Jahr	$t\varphi = 11,10 + 9,21 \cos^2 \varphi.$

Vergleichen wir wieder die wirklichen Beobachtungen mit den aus diesen Ausdrücken hervorgehenden Werthen, so ergibt sich:

#### D e c e m b e r.

s. Br.	beob.	ber.	Differ.	s. Br.	beob.	ber.	Differ.
$32^{\circ}$	$17^{\circ},5$	$19^{\circ},8$	$+2^{\circ},3$	$25^{\circ}$	$20^{\circ},6$	$20^{\circ},4$	$-0^{\circ},2$
31	18,5	19,9	+1,4	23	21,2	20,5	-0,7
30	19,0	20,0	+1,0	22	21,6	20,6	-1,0
29	19,0	20,1	+1,1	20	20,6	20,7	+0,1
28	20,6	20,1	-0,5	18	22,0	20,8	-1,2
27	19,6	20,2	+0,6	17	24,7	20,9	-3,8

## M ä r z.

südl. Breite	beob.	ber.	Differenz
23° 3'	19°,1	22°,8	+3°,7
20 17	22 ,9	23 ,0	+0 ,1

## A p r i l.

16°	22°,0	21°,7	—0°,3.
-----	-------	-------	--------

Die in der nachfolgenden kleinen Tafel enthaltenen Werthe sind aus den eben gewonnenen 13 Gleichungen gefunden:

südliche Breite.	25°	20°	15°	10°	5°
Januar	22°,2	22°,4	22°,5	22°,6	
Februar	23 ,1	23 ,3	23 ,4	23 ,5	
März	22 ,7	23 ,0	23 ,3	23 ,5	
April	20 ,7	21 ,3	21 ,8	22 ,2	
Mai	17 ,7	18 ,8	19 ,7	20 ,4	
Juni	15 ,7	16 ,7	17 ,5	18 ,1	
Juli	14 ,8	15 ,8	16 ,8	17 ,2	
August	14 ,6	15 ,5	16 ,2	16 ,8	
September	15 ,3	16 ,1	16 ,7	17 ,2	
October	16 ,7	17 ,3	17 ,7	18 ,0	
November	18 ,8	19 ,1	19 ,4	19 ,6	
December	20 ,4	20 ,7	20 ,9	21 ,2	
Jahr	18°,7	19°,2	19°,7	20°,0	20°,2
Winter	14°,9	15°,8	16°,6	17°,1	
Frühling	18 ,6	19 ,0	19 ,3	19 ,6	
Sommer	22 ,7	22 ,9	23 ,1	23 ,2	
Herbst	18 ,0	18 ,9	19 ,7	20 ,3	

Noch weiter nach dem Aequator zu finden wir folgende Beobachtungen:

D e c e m b e r <sup>21)</sup>).

s. Br.	beob.	ber.	Differ.	s. Br.	beob.	ber.	Differ.
3° 25'	26°,8	—	—	8° 48'	23°,7	23°,2	—0°,5
4 32	21,0	23,6	+2,6	9 50	23,0	23,1	+0,1
4 42	22,2	23,6	+1,4	9 55	22,3	23,0	+0,7
6 26	23,0	23,5	+0,5	11 19	23,5	22,8	—0,7
7 49	24,5	23,4	—1,1	12 3	22,2	22,5	+0,3

Aus den Beobachtungen von 6° 26' bis 12° 3' er-  
giebt sich die Gleichung:

$$t\varphi = -6^{\circ},42 + 30^{\circ},37 \cos^2 \varphi,$$

wonach die berechneten Werthe gefunden sind. Die  
Beobachtungen von 3° 25' bis 4° 42' mußten aus der  
Rechnung gelassen werden, erstere, weil hier die Hum-  
boldtströmung aufgehört hat einzuwirken, die beiden letz-  
teren, weil sie zufällig so niedrig sind, daß  $b \cos^2 \varphi$  ne-  
gativ geworden wäre.

A p r i l <sup>22)</sup>).

s. Breite	beob.	ber.	Differ.
0° 50'	27°,0	—	—
1 2	27,0	—	—
2 34	25,7	—	—
5 5	23,8	23,4	—0,4
6 58	22,7	23,3	+0,6
8 33	23,9	23,2	—0,7
16 0	22,0 <sup>17)</sup>	22,5	+0,5

Aus den vier letzten Beobachtungen ist:

$$t\varphi = 11^{\circ},54 + 11^{\circ},92 \cos^2 \varphi.$$

Es mußte das Mittel aus den Meyen'schen Beob-  
achtungen von 16° s. Br. dazu genommen werden, weil

21) Beobachtungen Alexanders von Humboldt im Jahre 1802  
auf der Fahrt vom Callao nach Guayaquil, in dessen Memoir über  
Meeresströme, bei Berghaus, L. u. V. k. I, 583.

22) Wahre Mittel aus den Beobachtungen des Hrn. von Dirckinck  
im Jahre 1825, L. u. V. k. I, S. 587.

sonst  $b \cos^2 \varphi$  wieder negativ geworden wäre. Die drei ersten Beobachtungen aber dürfen wir aus dem vorher angeführten Grunde (wegen des restirenden Einflusses der Humboldtströmung) nicht dazu nehmen.

Wenn nun auch diese beiden Beobachtungsreihen nicht genügen, um den jährlichen Gang der Temperatur in dieser Gegend daraus abnehmen zu können, so zeigen sie doch deutlich, daß jenseits  $4^\circ 32'$  der Einfluß der Humboldtströmung auf die Depression der Temperatur aufgehört hat, und daß von hier an wieder die allgemeinen Gesetze eintreten.

Wir schliessen diesen kleinen Aufsatz mit einer Zusammenstellung des auf die gezeigte Weise gefundenen Ganges der Temperatur an der Westseite von Südamerika mit dem an der Ostseite, wie letzterer nach den schätzbaren Untersuchungen des Herrn Berghaus <sup>23)</sup> sich ergeben hat:

21) Berghaus, L. u. V. k. I, S. 474.

T a f e l  
der Temperatur der Luft an der Ost- und Westseite von Südamerika.

Breite	Jahr		Winter		Frühling		Sommer		Herbst	
	östlich	westlich	östlich	westlich	östlich	westlich	östlich	westlich	östlich	westlich
0°	26°,8	—	26°,6	—	26°,8	—	27°,0	—	26°,9	—
5	26°,4	20°,2	26°,0	—	26°,3	—	26°,9	—	26°,6	—
10	26°,0	20°,0	25°,2	17°,1	25°,6	19°,6	26°,9	23°,2	26°,3	20°,3
15	24°,9	19°,7	23°,7	16°,6	25°,0	19°,3	25°,6	23°,1	25°,5	19°,7
20	23°,9	19°,2	21°,6	15°,8	24°,9	19°,0	25°,4	22°,9	23°,8	18°,9
25	21°,4	18°,7	20°,5	14°,9	21°,7	18°,6	22°,5	22°,7	20°,8	18°,0
30	20°,6	18°,0	19°,0	13°,8	21°,6	18°,2	22°,1	22°,4	19°,6	17°,1
35	16°,8	15°,2	13°,5	11°,7	15°,1	15°,7	19°,8	19°,3	18°,7	14°,2
40	14°,3	12°,3	10°,6	9°,4	14°,0	13°,0	17°,8	15°,5	15°,0	11°,8
45	8°,7	9°,2	5°,5	6°,7	8°,6	8°,9	12°,0	12°,0	8°,6	9°,6
50	6°,8	6°,2	3°,8	4°,1	6°,0	6°,2	10°,8	8°,3	6°,5	6°,2
55	4°,1	4°,3	1°,0	1°,9	3°,0	4°,8	6°,8	6°,8	2°,5	4°,5

I. *Ueber Elektrizität durch Vertheilung;*  
*von Gustav Theodor Fechner.*

---

Nachdem durch die Versuche von Ohm und Riefs die Streitfrage über die gebundene Elektrizität erledigt schien, ist durch Knochenhauer's Versuche in diesen Annalen, Bd. XXXXVII S. 444, der Gegenstand wieder in Frage gestellt worden; indem derselbe, in Widerspruch mit jenen Beobachtern, aus seinen Beobachtungen folgern zu müssen glaubt: 1) »dafs, wenn zwei entgegengesetzte Elektrizitäten sich je nach ihrer Distanz vollständig binden, sie alle Wirkung nach aussen verlieren und allein in Beziehung auf einander stehen, die vorzüglich als gegenseitige Anziehung sich äufsert;« 2) »dafs der Ueberschufs von freier Elektrizität, der sich auf der einen Seite findet und nach aussen wirkt, seine Wirkungssphäre nach der zweiten Fläche zu, auf der nur gebundene Elektrizität vorhanden ist, nicht über dieselbe hinaus erstreckt; denn im entgegengesetzten Falle würde er noch mehr Elektrizität binden, bis seine Wirkung nach dieser Seite getilgt wäre.«

Unstreitig wäre es Schade, wenn es sich verhielte, wie Knochenhauer angiebt, indem die, nur erst wieder gewonnene, Klarheit über die wichtigsten Verhältnisse der Elektrizität uns dadurch wieder verloren ginge, die schönen Untersuchungen Poisson's dadurch unbrauchbar würden u. s. w.; aber glücklicherweise verhält es sich nicht so, und ich zweifle nicht, dafs Knochenhauer selbst dies zugestehen wird, wenn sich nachweisen läfst, dafs zwar seine Beobachtungen ganz richtig, aber nicht mit hinreichend empfindlichen Apparaten an-



gestellt sind. Es läßt sich aber, dünkt mich, selbst theoretisch nach der von Knochenhauer bestrittenen Ansicht voraussehen, daß nur von empfindlichen Elektroskopen eine Anzeige unter den Verhältnissen erwartet werden kann, wo Knochenhauer solche vermifste.

Es ist in Wahrheit sehr frappant zu sehen, wie die lebhafteste Anziehung, die eine stark geriebene dicke Siegellackstange oder der Knopf einer geladenen Leidner Flasche auf ein an einem Leinenfaden herabhängendes Hollundermarkkugelchen oder selbst auf ein hängendes Goldblatt äußert, plötzlich ganz verschwunden scheint, wenn man eine nicht isolirte breite Metallplatte so zwischen den elektrischen und den elektroskopischen Körper einschiebt, daß, wenn der elektrische Körper ein leuchtender Körper wäre, der elektroskopische sich im Schatten der Platte befinden würde (was ich der Kürze halber im Folgenden durch den Ausdruck: *elektrischer Schatten* bezeichnen will); und wie es sich auch in Betreff des fraglichen Punktes verhalten mag, so ergibt sich hieraus jedenfalls ein für die Praxis sehr nützliches (auch bei den folgenden Untersuchungen mehrfach von mir angewandtes) Mittel, wenn man in Gegenwart elektrischer Körper zu operiren hat, den Einfluß derselben bis zum Unmerklichen zu neutralisiren <sup>1</sup>).

So sehr mich selbst anfangs dieß Phänomen überraschte, so stellte ich doch bald folgende Betrachtung

1) Die Thatsache selbst ist übrigens, wie ich später gefunden habe, schon seit längerer Zeit bekannt. Dufay gründete darauf ein Mittel, leitende Flächen von nichtleitenden zu unterscheiden, wie man in seinen Abhandlungen in den *Mém. de l'Acad. de Paris* nachlesen kann. Als ein einfacher hiermit in Bezug stehender Collegienversuch mag folgender erwähnt werden. Man reibe eine Siegellackstange stark und wickle sie dann fest in Stanniol ein. Sie wird, isolirt am Stanniol angefaßt, nicht die geringsten elektrischen Wirkungen äußern, dieselben aber sogleich wieder in der ursprünglichen Stärke hervortreten lassen, wenn man sie aus dem Stanniol herausnimmt.

an: Die vertheilende Elektricität wirkt auf den elektroskopischen Körper *mit gröfserer Stärke*, die durch Vertheilung erweckte (kurz: *vertheilte*) entgegengesetzte Elektricität der Platte *aus gröfserer Nähe*. Ungeachtet nun, wie Knochenbauer richtig bemerkt, mit keinem Gesetze der elektrischen Anziehung verträglich wäre, daß diese Einflüsse sich für alle Entfernungen des elektroskopischen Körpers genau compensirten, so wäre es doch möglich, daß diese Compensation angenähert genug für alle Entfernungen wäre, um die Wahrnehmung einer Wirkung nur noch durch die empfindlichsten Prüfungsmittel zu gestatten.

Bekanntlich hat Poisson durch eine Herleitung aus den bestrittenen Principien selbst nachgewiesen, daß Körper, die sich im Innern einer leitenden (isolirten) Hohlkugel eingeschlossen finden, von Körpern außerhalb der Hohlkugel gar nicht mehr afficirt werden können, wo sich auch die Körper innerhalb, und außerhalb der Hohlkugel respective befinden mögen. Denken wir uns die Hohlkugel sehr groß, so wird das Stück derselben, was sich zwischen beiden Körpern befindet, merklich eben werden, die vertheilende ungleichartige Elektricität wird sich auf diesem Stücke der Hohlkugel sammeln, die gleichartige in der übrigen Oberfläche der großen Hohlkugel zerstreuen. Es leuchtet ein, daß eine breite Platte, die wir zwischen beide Körper einschieben und mit dem Erdboden (der hier zum Ersatz des übrigen Theils der Hohlkugel dient) in Verbindung setzen, eine, zwar mechanisch keineswegs gleiche, aber doch sehr ähnliche Anordnung darbietet, von der sich auch wenigstens eine sehr angenäherte Compensation erwarten lassen wird. Da aber die Compensation in der That nicht genau seyn kann, indem sie eben nur für eine wirkliche Kugel genau ist, so galt es, die Abweichung nachzuweisen. Nun finde ich schon unter Faraday's Versuchen (elfte Reihe, Annalen, Bd. XXXVI)

einige, die mit Knochenhauer's Angaben in Widerspruch stehen; da aber Knochenhauer selbst hiedurch von der Veröffentlichung der seinigen nicht abgehalten worden ist, so dürfte folgende Bestätigung und Erweiterung jener Versuche, bei der sich mir Gelegenheit auch zu mancher neuen Beobachtung darbot, nicht überflüssig seyn. Zu den meisten dieser Versuche hat mir das ausnehmend empfindliche Elektroskop mit trockner Säule gedient, dessen ich mich zu Anstellung der galvanischen Fundamentalversuche ohne Condensator bediene. Täuschungen, welche durch die Beschaffenheit dieses Instruments hervorgehen könnten, sind überhaupt, wenn man nur einigermaßen mit Umsicht verfährt, so leicht zu vermeiden, daß ich keinen daher entnommenen Einwand als gültig anerkennen kann; überdies wurden, wo die Empfindlichkeit eines guten Goldblatt-Elektrometers zureichte, die Resultate auch an diesem bestätigt. Wo die Uebertragung der Elektrizität mittelst einer Prüfungsplatte geschah, wurden Gegenversuche nie vernachlässigt, ob nicht die Prüfungsplatte für sich, etwa durch eine Ladung, welche der Gummilackstiel bei vorhergehenden Versuchen oder durch Reibung mit dem Finger angenommen haben konnte, schon einen Ausschlag gäbe.

Knochenhauer konnte keine Anziehungswirkungen am äußern Beleg einer Leidner Flasche wahrnehmen. Diefes ist ein sicherer Beweis, daß seine elektroskopische Vorrichtung sehr wenig empfindlich war, oder wenigstens dieser Versuch nicht hinreichend abgeändert wurde; denn man kann sogar ziemlich lebhafte Anziehungswirkungen daran beobachten, wenn man nur mit Vorsichten, wie folgende sind, verfährt.

Die Flasche (ein Glascylinder, inwendig gleich hoch als auswendig belegt, mit gefirnisstem unbelegten Rande, von verschiedenem Caliber angewandt) wird geladen, isolirt, der Draht mit der Kugel herausgezogen, damit von ihm keine Wirkung ausgehe, dann der äußere Be-

leg mit dem Erdboden in Verbindung gesetzt, so daß er sicher keine freie Elektrizität behält. Nähert man nun dem äußeren Belege eine, an einem Isolirgriff gehaltene Probeplatte, berührt sie in dieser Nähe, hebt die Berührung wieder auf und bringt sie isolirt an das Elektroskop, so zeigt sie immer negative Elektrizität, zum Beweise, daß eine überwiegende positive Wirkung stattfindet. Diese Wirkung ist sehr lebhaft, wenn die Platte dem äußeren Belege in der Nähe seines oberen Randes (wo es vom unbelegten Theile begrenzt wird) gegenübergehalten wird, und nimmt an Stärke ab, wenn man den Versuch mit tieferen Lagen der Platte anstellt. Nähert man diesem oberen Rande geradezu einen Streifen Blattgold oder ein, an einem Leinenfaden schwebendes Hollundermarkkugeln, so zeigt sich die lebhafteste Anziehung. Sie ist so lebhaft, daß ich bei Anwendung einer kleinen Flasche von etwa 3 Zoll Durchmesser, 6 Zoll Höhe des Belegs und  $1\frac{3}{4}$  Zoll Höhe des unbelegten Randes das hängende Hollundermarkkugeln schon aus einer Entfernung von mehr als 5 Zoll seine Anziehung beginnen sah. Eben so erhält man den lebhaftesten positiven Ausschlag, wenn man die Flasche mit den Händen am äußeren Beleg faßt, und mit einem dem oberen Rande nahen Theile dieses Belegs den Knopf eines Elektrometers berührt.

Inzwischen sind es nicht diese Versuche, welche etwas gegen Knochenhauer beweisen. Alle diese relativ starken Wirkungen hängen nämlich bloß von freier positiver Elektrizität ab, die sich über den unbelegten Rand der Flasche, im Fall der Nichtisolirung des äußeren Belegs, verbreitet <sup>1)</sup>. Man beweist dies leicht dadurch, daß man die Prüfungsplatte durch eine darüber gehaltene, nicht isolirte Metallplatte in den elektrischen Schat-

1) Diese sehr beträchtliche Elektrizität des unbelegten Randes zeigt manche interessante Verhältnisse, von denen ich ein anderes Mal zu sprechen Gelegenheit nehmen werde.

ten in Bezug zum unbelegten Rande einsetzt. Alle jene lebhaften Wirkungen sind dann mit einem Male verschwunden, selbst wenn man die Prüfungsplatte dem oberen Rande des Belegs nähert. Zwar erhalte ich auch hier noch schwache, obwohl für das Säulenelektroskop ganz constante Wirkungen, mit Annäherung der isolirten Prüfungsplatte, die jetzt in der That Beweiskraft erhalten; aber da sich wirksamere Methoden angeben lassen, die gesuchte Elektricität wahrnehmbar zu machen, so will ich nicht dabei verweilen.

Folgendes nun sind Anordnungen, welche die verlangten Wirkungen ganz unzweideutig wahrzunehmen gestatten.

Ich nahm eine runde Metallscheibe von 9 Par. Zoll 4 Lin. Durchmesser und ungefähr 0,8 Lin. Dicke, isolirte sie dadurch, daß ich sie horizontal mit der Mitte auf die obere Basis eines aufrecht gestellten Siegellackcylinders von 1,3 Zoll Durchmesser, und 4 Zoll Höhe, den ich *C* nennen will, legte, setzte drei kleine Siegellacksäulen von 1 Zoll Höhe auf die Scheibe, und legte auf diese Träger eine zweite, der ersten gleiche Metallscheibe, die sich also in 1 Zoll Abstand von der ersten befand. Die untere Scheibe ward jetzt, während die obere mit dem Erdboden communicirte, durch momentane Berührung mit dem Knopfe einer Leidner Flasche geladen, und nun der oberen Platte, die fortwährend mit dem Boden in Verbindung blieb <sup>1)</sup>, eine isolirte Prüfungsplatte von oben genähert, dann, nach augenblicklicher Berührung ihrer Rückseite mit dem Finger, zurückgezogen und dem Elektroskop dargeboten, um die durch Vertheilung er-

1) Bald durch einen, sie in der Nähe des Randes auf der oberen Fläche berührenden, nach aufwärts führten, bald (ohne daß dieß die Art der Resultate änderte) durch einen, sie in der Mitte berührenden, etwas schief gegen die Verticale (um der Prüfungsplatte Raum zu geben) aufwärts führten, durch einen leitenden Umweg mit dem Boden communicirenden, Draht.

weckte Elektricität an dieses zu übertragen<sup>1)</sup>). Das Elektroskop befand sich selbst, mittelst eines nicht isolirten Schirms, im elektrischen Schatten in Bezug auf die untere Scheibe. Das Elektroskop erhielt dadurch stets negative Elektricität mitgetheilt, Beweis der überwiegenden positiven Wirkung der unteren Scheibe. Diese Elektricität war nicht dann am stärksten, wenn die Prüfungsplatte der oberen Scheibe recht nahe, oder mit ihr in Berührung, sondern wenn sie in einigen Zollen Höhe darüber erhoben war; und sie gab, wenn eine etwas grofse Prüfungsplatte (von  $3\frac{1}{2}$  Zoll Durchmesser) angewandt wurde, nicht nur sehr lebhafte Ausschläge am Säulenelektrometer, sondern vermochte auch ein gutes Goldblattelektrometer bis zu mehreren Graden Divergenz zu bringen. Ueber die Entfernung des Maximums hinaus nahm die Wirkung langsam genug ab, um noch bis zu 4 Fufs Höhe über der oberen Scheibe eine Spur von Wirkung mittelst der Prüfungsplatte bemerken zu können. Dafs hiebei keine Täuschung obwaltete, wurde mehrfach dadurch verificirt, dafs das Elektroskop bei Berührung mit der Prüfungsplatte, wenn sie nicht zuvor in dem Wirkungskreise beider Metallscheiben gewesen, oder nicht in diesem Wirkungskreise berührt worden war, keine Spur von Ausschlag zeigte.

Später habe ich diese Versuche so wiederholt, dafs sich zwischen beiden Scheiben blofs Luft befand, indem ich die obere *cd* isolirt am Apparat Fig. 20 Taf. I, die untere auf dem daruntergestellten Isolirstabe Fig. 21 Taf. I horizontal befestigte, von welchen Vorrichtungen später die Rede seyn wird. Die Resultate waren, wie zu erwarten, dieselben.

Im Allgemeinen hielt ich bei allen diesen Versuchen die Prüfungsplatte mit ihrer Mitte gerade über die Mitte

1) Der Kürze halber will ich diese Methode, bei welcher die Prüfungsplatte die entgegengesetzte Elektricität von der annimmt, welche es nachzuweisen gilt, die *vertheilende* Anwendung derselben nennen.

der oberen Scheibe; die Wirkung wuchs aber noch beträchtlich, wenn ich sie viel mehr dem Rande näherte, so jedoch, daß sie immer im elektrischen Schatten blieb.

Diese Versuche sind um so beweisender für die fragliche Wirkung, als die Ladung der beiden Metallscheiben nicht sehr beträchtlich ausfallen konnte; denn bei jedem Versuch einer beträchtlichen Ladung der unteren Scheibe sprang die Elektricität zur oberen über.

Die vorigen Versuche gelangen auch, wie ich mich speciell überzeigte, wenn gleich vor Annäherung der Prüfungsplatte die Isolirung der oberen Scheibe hergestellt wurde. Doch ziehe ich es, um den Versuch rein zu haben, vor, auch während Darbietung der Prüfungsplatte die vertheilte Scheibe nicht isolirt zu lassen; denn wenn durch den Verlust an Luft und Träger sich die vertheilende Elektricität der unteren Scheibe mindert, wird dann auch etwas Elektricität auf der oberen Scheibe frei, welche den Versuch trüben könnte, wenn man nicht ihren Abfluß in die Erde gestattete. Ueberdies ändern sich, nach Wegziehen des berührenden Leiters, alle Verhältnisse der Vertheilung; es kann sogar neue, der vertheilenden Elektricität gleichartige Elektricität im vertheilten Leiter zum Vorschein kommen, wie weiter folgende Versuche beweisen werden. Die nachfolgenden Versuche sind daher im Allgemeinen bei fortgehends nicht isolirtem Zustand des vertheilten Körpers angestellt.

Daß das Maximum der Wirkung in einiger Entfernung von der oberen Scheibe eintritt, kann nichts Auffallendes haben. Für alle Punkte der oberen Scheibe muß die Wirkung der negativen Elektricität, die sie enthält, genau in Gleichgewicht seyn mit der Wirkung der positiven Elektricität der unteren Scheibe, sonst müßte mehr oder weniger Elektricität in der oberen Scheibe zersetzt werden und sich an ihr ansammeln, als es der Fall ist. Erhebt man aber die Prüfungsplatte über die obere Scheibe, so nimmt ihr Abstand von den Punkten

der oberen Scheibe in anderem Verhältnifs zu, als von denen der unteren Scheibe, daher fängt diese an zu überwiegen. Inzwischen kann die Wirkungszunahme mit Erhebung der Prüfungsplatte nur bis zu einem gewissen Maximum gehen, weil bei grofser Entfernung die Wirkung jeder Scheibe für sich schon verschwindet.

Ich habe die Versuche mit denselben Scheiben vielfach abgeändert, z. B. ihren Abstand bis auf 5 Lin. verkleinert und bis auf 10 Zoll vergrößert, und immer das Ueberwiegen der vertheilenden Scheibe und den Umstand beobachtet, dafs erst in einer gewissen Entfernung von der vertheilten das Maximum der Wirkung eintrat. Aehnliche Resultate, abgesehen von Unterschieden der Stärke, lieferten auch runde Scheiben von 3 Zoll Durchmesser in verschiedenen Entfernungen.

Letzterwähnte Versuche mit den gröfseren Scheiben in den *gröfseren* Entfernungen wurden so angestellt, dafs beide *vertical*, blofs durch Luft getrennt, einander gegenüberstanden, die vertheilende isolirt, die vertheilte nicht isolirt. Unter Anderen wurde hiebei auch statt Anwendung der Prüfungsplatten das ganze Säulenelektroskop in den elektrischen Schatten der vertheilten Platte gestellt, und zeigte hiebei, in angemessene Entfernung gebracht, direct einen positiven Ausschlag, der bei gut getroffenen Abstands-Verhältnissen lebhaft genug war. Bewege ich, während sich vertheilende Scheibe und Elektroskop hiebei in fester Lage befanden, die vertheilte nicht isolirte Scheibe zwischen beiden hin und her, so trat immer ein Maximum ein, wenn sich die vertheilte Scheibe ungefähr (denn genaue Messungen habe ich nicht angestellt) in der Mitte zwischen Elektroskop und vertheilender Scheibe befand. Alle diese Wirkungen sind so constant und augenfällig, dafs über ihre Statt-  
haftigkeit gar kein Zweifel obwalten kann. Wer ein Säulenelektroskop von meiner Einrichtung besitzt, wird übrigens auch bei folgenden Methoden (zum Theil selbst



mittelst eines Goldblattelektroskops) leicht und constant den verlangten Erfolg wahrnehmen.

Man halte über den Knopf einer geladenen, nicht isolirten Leidner Flasche eine Metallscheibe, und nähere dieser von oben die Prüfungsplatte mit Vertheilung, so daß sie sich ganz im elektrischen Schatten der Scheibe in Betreff nicht nur des Knopfs, sondern auch des ganzen Umfangs der Flasche findet. Die Prüfungsplatte wird stets negativ geladen zurückgezogen werden, am stärksten, wenn sie in einer gewissen Höhe über der vertheilten Zwischenscheibe gehalten wurde, während man sie berührte.

Je kleiner diese Zwischenscheibe ist, desto stärker fällt die Wirkung aus; auch nimmt sie wiederum zu, wenn man die Prüfungsplatte vielmehr dem Rande, als der Mitte der Zwischenscheibe nähert. Auch bei dieser Versuchsweise habe ich die Elektrizität an einem Goldblattelektrometer nachzuweisen vermocht, wenn die Zwischenscheibe nicht zu groß war.

Zwar nur schwache, aber ganz constante Wirkungen erhalte ich ferner auf folgende Weise. Der Siegellackcylinder *C* wird auf einer seiner Basen stark mit Katzenfell gerieben und mit dieser Basis auf die Mitte einer runden Metallscheibe von 4 Zoll Durchmesser gesetzt. So werden beide in Verbindung über den Gipfel eines Säulenelektroskops gebracht (dessen Glocke nur 3 Zoll Durchmesser hat). Die Scheibe bleibt, indem sie mit der Hand gehalten wird, stets nicht isolirt, und das Elektroskop wird ebenfalls so lange nicht isolirt erhalten, bis eine der folgenden Bewegungen begonnen wird. So lange die geriebene Basis mit der Metallscheibe in Berührung bleibt, zeigt sich keine Spur von Wirkung, ich mag die Combination von beiden heben oder senken, was auch nicht anders erwartet werden kann. Halte ich aber die Scheibe mit dem Siegellack ganz nahe über den Gipfel des Elektrometers, und erhebe dann den Siegellack-

cylinder, während die Scheibe ihre Lage behält, so giebt das Goldblatt einen negativen (obwohl nicht bis zum Anschlag an die Polplatte gehenden) Ausschlag, der zunimmt, bis die geriebene Basis einige Zolle über der Scheibe erhoben ist, bei weiterer Erhebung aber wieder abnimmt; bei Rückgang des Siegellacks erfolgt in entsprechender Weise erst zunehmender, dann wieder abnehmender negativer Ausschlag. Halte ich umgekehrt die geriebene Fläche in constanter Höhe von  $\frac{3}{4}$  bis 1 Fuß über den Gipfel des Elektroskops, und erhebe die Metallscheibe von der Berührung des Elektrometergipfels an bis zur Berührung der Siegellackbasis, so erfolgt auch hier ein negativer Ausschlag, welcher zunimmt, bis die Scheibe ungefähr bis zur Mitte des Zwischenraums zwischen Elektrometergipfel und geriebener Basis gelangt ist, dann wieder abnimmt. Auch wenn man einen geschlagenen Elektrophor nicht isolirt mit der Rückseite über den Elektrometergipfel hält und erhebt, erhält man einen, bis zu gewisser Gränze mit der Höhe zunehmenden, dann wieder abnehmenden negativen Ausschlag.

Alle diese Erfahrungen vereinigen sich also dahin zu zeigen, daß die vertheilende Elektricität gleich stark mit der vertheilten wirkt auf Punkte, die sich an der vertheilten Fläche selbst befinden, stärker aber als die vertheilte auf Punkte, die in größerer Entfernung liegen.

Nach dem vorstehenden Versuche dürfte man hinreichend berechtigt seyn, die anziehenden und abstossenden Wirkungen der bindenden und sogenannten gebundenen Elektricität aus demselben Gesichtspunkte zu betrachten als die freie Elektricität. Die gebundene Elektricität wird dadurch, daß sie gebunden ist, durchaus mit keinen neuen Eigenschaften begabt. Wenn ihre Anziehung und Abstossung nicht mehr spürbar wird, so erklärt sich dies dadurch, daß sie von der entgegengesetzten Wirkung der bindenden Elektricität stets im Gleichgewicht gehalten oder überwogen wird, und wenn sie nicht

durch Berührung entzogen werden kann, so liegt dies nicht darin, daß sie in einem besonderen gefesselten Zustande wäre oder die Repulsivkraft ihrer Theilchen verschwunden wäre; diese wird nur aufgewogen durch die anziehende Kraft der bindenden, zwar entfernter, aber entsprechend stärker wirkenden Elektrizität <sup>1)</sup>, und der berührende Leiter, anstatt etwas entziehen zu können, unterliegt selbst der vertheilenden Wirkung, die von der bindenden Elektrizität ausgeht; er tritt in das System der Vertheilung selbst mit ein.

Will man noch künftig einen bestimmten erfahrungsmäßigen Begriff mit dem Namen gebundene Elektrizität verbinden, so, dünkt mir, kann es nur der seyn: es ist diejenige Elektrizität, welche *unter den Umständen des Versuchs* durch eine, die Communication mit der Erde herstellende, Berührung weder entzogen werden, noch (im Fall eines Nichtleiters) auf eine berührende Prüfungsplatte vertheilend wirken kann. Aber je nachdem man die Stelle und Art der Communication mit dem Erdboden wechselt, werden sich auch die Verhältnisse der gebundenen Elektrizität ändern. Man wird dies gern zugeben, wenn man den Erfolg nachstehender Versuche betrachtet, welche zeigen: 1) daß, wenn man die leitende Communication eines vertheilten Körpers mit dem Boden aufhebt, die Elektrizität sich ganz anders in ihm anordnen kann, als während dieser Communication, welche also keineswegs bloß als passive Ableitung für die der vertheilenden Elektrizität gleichartige in Rücksicht zu ziehen ist; 2) daß auch, je nachdem man die Stelle der Berührung, den berührenden Leiter oder dessen Lage wechselt, der elektrische Zustand des Leiters, sey es

1) Es läßt sich nämlich mathematisch zeigen, daß die Abstossung einer mit gleichartiger Elektrizität geladenen endlichen Fläche auf einen in ihr liegenden elektrischen Punkt immer nur endlich ist, und in der That von der Anziehung einer entfernteren stärker und ungleichartig geladenen Fläche überwogen werden kann.

während, sey es nach der Berührung, ein sehr verschiedener seyn kann.

Um Wiederholungen und Umschreibungen zu vermeiden, bemerke ich in Betreff der folgenden Versuche ein für alle Mal, daß, wo nicht etwa ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, der vertheilende Körper stets *positiv* geladen war, daß ich ferner *Vorderflächen* beim vertheilenden und vertheilten Körper diejenigen Flächen derselben nenne, die sie einander zuwenden, *Hinterflächen* oder *Rückflächen* die, welche sie von einander abwenden. Den mittelsten (und zugleich dem vertheilenden Körper nächsten) Punkt der Vorderfläche des vertheilten Körpers bezeichne ich mit *a*, den mittelsten Punkt seiner Hinterfläche mit *b*. Wo der Abstand zwischen vertheilendem und vertheiltem Körper angegeben ist, bezieht sich die Angabe stets auf die einander nächsten Punkte ihrer Oberflächen.

Die kleine Leidner Flasche *L*, von den oben angegebenen Dimensionen, Fig. 17 Taf. I, wurde mit einer Kupferkugel *A* von 3 Zoll Durchmesser versehen, inwendig positiv geladen, isolirt aufgestellt, um ihre Elektricität länger zu bewahren, und der Kugel gegenüber ein messingener Leiter *acb*, isolirt auf dem überfirnißten Glasfusse *e*, aufgestellt. Dieser Leiter ist cylindrisch, von 5,2 Par. Lin. Durchmesser, mit kugelförmigen Knöpfen von 8,3 Lin. Durchmesser an den Enden und 16 Zoll Länge (mit Einschluss der Kugeln). *d* ist eine Metallkappe, *f* ein Paar unächte Goldblättchen, unächt, um nicht gar zu leicht durch Bewegungen der Luft afficirt zu werden; welche jedoch bloß bei den besonders in dieser Hinsicht erwähnten Versuchen angebracht wurden, weil sie natürlich beitragen, die Gestalt des Leiters zu modificiren <sup>1</sup>). Wo nichts besonderes bemerkt ist, stan-

1) Da der Leiter selbst eine etwas complicirte Gestalt hat, so habe ich neuerdings alle oben zu erwähnenden Versuche ohne Goldblättchen auch (mit denselben Resultaten) an einem eisernen reinen Cylinder

den die Oberflächen des Knopfs  $a$  und der Kugel  $A$  zwei Par. Zoll von einander ab. An dieser Vorrichtung wurde Folgendes beobachtet:

$a$ ) Während der Zeigefinger (bei übrigens eingeschlagener Hand) den Leiter bei  $a$  berührte (senkrecht gegen die Länge des Leiters) nahm eine berührende kleine Prüfungsplatte allenthalben negative Elektricität vom Leiter auf, selbst wenn sie bei  $b$  angelegt wurde; doch mit zunehmender Stärke nach  $a$  hin. Auch, wenn die Prüfungsplatte auf den berührenden Finger oder die Hand gesetzt wurde, nahm sie negative Elektricität an. Wenn bei  $b$  Goldblättchen vorhanden waren, divergirten sie schwach, aber unzweideutig. Dafs in diesem Betreff keine Täuschung durch ursprüngliche Biegung der Blättchen oder Bewegungen durch die Luft stattfand, erwies sich deutlich genug dadurch, dafs beim Rückziehen der Flasche diese Divergenz jedesmal verschwand und bei Näherung wieder erschien.

$b$ ) Wenn der Finger von  $a$  zurückgezogen ward, und mithin der Leiter jetzt wieder isolirt war, so gab die grössere Hälfte desselben nach  $b$  zu positive, die kleinere nach  $a$  zu negative Elektricität an die Prüfungsplatte ab. Waren Goldblättchen bei  $b$  angebracht, so divergirten sie nicht unbeträchtlich. Wurde der Leiter jetzt zurückgezogen (oder die Flasche), so zeigte sich der ganze Leiter negativ. Während des Rückziehens gingen die Goldblättchen, wenn solche vorhanden waren, erst zusammen, und bei noch weiterem Rückziehen wieder mit negativer Elektricität aus einander. Diese Versuche unter  $b$ ) habe ich (ohne Goldblättchen) auch bei Variationen des Abstands zwischen  $a$  und  $A$  von 1 zu 10 Zoll (wo die vertheilende Wirkung nicht mehr recht merklich ward) mit gleichbleibendem Erfolge wie-

von 10 Zoll Länge und 4,4 Lin. Durchmesser, welcher durch Anschmelzen auf einer Siegellackstange isolirt war.

derholt, nur rückte der Indifferenzpunkt auf dem Leiter der Mitte um so näher, je größer der Abstand war.

c) Berührt man den Leiter bei  $b$ , so daß der Finger, sey es senkrecht, auf dem Leiter ist, oder in dessen Verlängerung fällt, so giebt der ganze Leiter von  $a$  bis  $b$ , und selbst die berührende Hand, wiederum negative Elektricität an die Prüfungsplatte ab, doch wachsend nach  $a$  zu. Waren Goldblättchen bei  $b$  angebracht, so war keine oder nur eine zweideutige Divergenz wahrzunehmen. In der That ist die Elektricität bei  $b$  sehr schwach, und nur durch Anwendung der Prüfungsplatte auf ein Säulenelektrometer gelingt es sie nachzuweisen.

d) Zieht man den Finger von  $b$  zurück, so zeigt sich auch jetzt noch der ganze Leiter von  $b$  bis  $a$  negativ elektrisch, zunehmend nach  $a$  zu. Die etwaige Divergenz der Goldblättchen bei  $b$ , wenn solche vorhanden sind, ist aber eben so zweideutig, oder unmerklich als bei  $b$ . Während also nach Berührung von  $a$  der hintere Theil des Conductors positiv ist (vergl. den Versuch  $b$ ), ist er nach Berührung von  $b$  negativ. Die positive Elektricität ersteren Falls ist aber beträchtlich stärker als letzteren Falls, was nicht nur durch die Divergenz der Goldblätter bewiesen wird, sondern auch dadurch, daß während ersteren Falls die Prüfungsplatte von  $b$ , an ein Goldblattelektrometer übergetragen, eine Divergenz von  $3^\circ$  hervorzubringen vermochte, sie letzteren Falls nichts Merkliches davon gab, obschon sie am Säulenelektrometer ihre Wirkung noch ganz unzweideutig zeigte.

Wenn die Kugel  $A$  nicht dem einen Ende, sondern der Mitte  $c$  des Leiters gegenüberstand (wiederum in 2 Zoll Abstand), so zeigte sich vor aller Communication mit dem Erdboden die Mitte des Leiters auf der Vorderfläche, Hinterfläche und oben negativ; die Enden dagegen eben so ringsum positiv. An der Vorderfläche er-

streckte sich die Negativität beträchtlich weiter gegen die Enden als an der Hinterfläche.

Wurde nun aber der Leiter bei *c oben* mit dem Finger berührt, so zeigte er sich an allen Stellen, mittelst der Prüfungsplatte, negativ, von beiden Seiten zunehmend nach *c* zu, eben so nach Wegziehen des Fingers. Wurde bei *a* berührt, so zeigte während dessen wiederum der ganze Conductor negative Elektrizität, am stärksten bei *c*, abnehmend nach *a* und *b*, doch etwas stärker bei *b* als bei *a*. Nach Wegziehen des Fingers zeigte sich wiederum überall negative Elektrizität, zunehmend nach *c* zu.

Den unter *b*) angeführten Versuch kann man auch mit einem Goldblattelektroskop wiederholen. Wenn ich einen geriebenen Siegellackcylinder über den Gipfel eines solchen halte, während dieser Gipfel zugleich berührt wird, so zeigt sich trotz dieser Berührung stets eine schwache Divergenz an einem meiner Instrumente, während an einem andern die Wirkung hiebei unmerklich ist. Hebe ich die Berührung auf, so gehen die Goldblätter ersteren Falls zusammen, dann wieder auseinander, letzteren Falls wird bloß die jetzt eintretende zweite Divergenz bemerkt. Ziehe ich die Siegellackstange zurück, so gehen die Goldblätter abermals zusammen, und bei weiterer Entfernung wieder auseinander. Diese letzte Divergenz, wo nun das Elektrometer sich ganz außer dem Wirkungskreise des Siegellacks befindet, ist, wie leicht zu erwarten, positiv. So kann man an demselben Elektrometer einen zweimaligen Wechsel zwischen entgegengesetzter Ladung der Goldblättchen durch diese Manipulation erzeugen. — Resultate, die noch auffallender als die vorigen, den Einfluß der Berührungsweise auf die Anordnung der Vertheilungselektricitäten beweisen, habe ich unter Anwendung von Kugeln, statt des cylindrischen Leiters, erhalten.

Der dreizölligen Kugel *A* der, in diesem Falle nicht  
iso-

lirten, Leidner Flasche *L*, Fig. 18 Taf. I, wurde eine Messingkugel, ebenfalls von 3 Zoll Durchmesser, gegenüber aufgestellt, welche auf einem wohlgefirniften und gewärmten Glaszylinder *G* isolirt war. Die Messingkugel ward, während sie der vertheilenden Wirkung von *A* unterlag, mit den verschiedenen, nachgehends anzugebenden, Leitern an verschiedenen Stellen berührt, und, *nach Wegziehen des berührenden* (die Communication mit der Erde bewirkenden) *Leiters*, mittelst des Prüfungsplättchens, jedesmal, wo nicht ausdrücklich etwas anderes bemerkt ist, die Elektricität *von der Stelle b* genommen.

Sämmtliche Versuche mit diesen zwei Kugeln wurden bei 2 Zoll Abstand derselben angestellt, und dann noch einmal bei drei Zoll Abstand derselben wiederholt.

War *a* mit dem Finger (horizontal, senkrecht auf die Axe *ab*) oder mit dem einen Knopfe des in der Mitte nicht isolirt gefassten cylindrischen Leiters, der in Fig. 17 Taf. I und S. 333 beschrieben ist, berührt worden, so gab *b* constant positive Elektricität ab. War dagegen die Berührung bei *a* mittelst eines Drahts von 0,85 Lin. Durchmesser und 10 Zoll Länge bewerkstelligt worden, so gab *b* eben so constant negative Elektricität ab, welche Verschiedenheit je nach den Dimensionen des berührenden Leiters ich durch sehr oft wiederholte Versuche verificirt habe. War die Berührung bei *a* mit dem Finger vorgenommen worden, so reichte die positive Elektricität von *b* nicht bis *c*; vielmehr ward der Gipfel der Kugel negativ gefunden. Wenn ich dagegen *a* mit der Mitte einer kupfernen Scheibe von 9 Zoll 4 Linien Durchmesser und 0,8 Lin. Dicke berührt hatte <sup>1)</sup>, so war nicht nur die positive Elektricität viel stärker bei *b*, als

1) Die Scheibe wurde hiebei mit den Fingern am Rande gehalten, und beim Wegziehen ein Stück senkrecht auf den Durchmesser *ab* gegen die Kugel *A* hin fortbewegt, ehe sie zwischen beiden Kugeln herausgezogen wurde.



nach Berührung mit dem Finger, sondern es ward jetzt auch der Gipfel  $c$  positiv gefunden.

Wenn die Berührung bei  $b$ , statt bei  $a$ , vorgenommen worden war, so war die nachher von  $b$  zu erhaltende Elektricität stets deutlich negativ, wenn der berührende Leiter entweder der Finger oder der Cylinder der Fig. 17 Taf. I oder der dünne Draht war, mochten diese Leiter in Verlängerung der Axe  $ab$  oder senkrecht darauf gehalten worden seyn. Wenn dagegen die Berührung bei  $b$  mit der Mitte der kupfernen Scheibe vorgenommen worden war, so war von  $b$  nachher keine merkliche Elektricität zu erhalten. Diefs hängt damit zusammen, dafs auch während der Berührung die Prüfungsscheibe von der Rückseite der Scheibe um die Mitte keine merkliche Elektricität wegnimmt (wohl aber von dem Rande), wogegen dieselbe während der Berührung mit erstgenannten Leitern nicht nur ringsum den Berührungspunkt negative Elektricität von der Kugel wegnimmt, sondern auch noch stärker von den berührenden Leitern selbst.

Wenn ich den Gipfel  $c$  der Kugel mit den, horizontal und senkrecht auf die Richtung  $ab$  gehaltenen Finger berührt hatte, so war die Elektricität, die ich nachher von  $b$  wegnahm, nicht recht entschieden, schien jedoch schwach negativ, ich konnte sie aber beliebig entschieden positiv oder negativ machen, je nachdem ich die Hand bei der Berührung mehr gegen die vertheilende Kugel der Flasche oder von ihr abwandte. Als anstatt der 3zölligen Kugel eine 1½zöllige durch die Kugel  $A$ , bei 2 bis 3 Zoll Abstand, vertheilt wurde, erhielt ich ebenfalls, wenn bei  $a$  mit dem Finger berührt worden war, positive Elektricität von  $b$ , wenn bei  $b$  berührt worden war, negative. War bei  $a$  mit dem dünnen Draht berührt worden, so gab dagegen wiederum  $b$  negative Elektricität, war bei  $b$  berührt worden, noch lebhafter negative Elektricität; alles übereinstimmend mit

den Versuchen an der 3zölligen Kugel. Die übrigen, an dieser angestellten, Versuche habe ich an der  $1\frac{1}{2}$ zölligen nicht wiederholt.

Dagegen habe ich die Versuche mit der 3zölligen vertheilten Kugel, bei 2 Zoll Abstand von der vertheilenden gleich grossen, mit gleichem Erfolge auch so wiederholt, dafs die vertheilende dabei von der Leidner Flasche abgesondert und auf einem Siegellackcylinder isolirt war.

So auffallend diese Ergebnisse für den ersten Anblick erscheinen mögen, so lassen sie sich doch bis zu gewissem Grade theoretisch voraussehen.

Wenn ein, mit dem Erdboden communicirender Leiter durch einen, beispielsweise positiven, Körper vertheilt ist, so mufs sich so viel negative Elektricität in ihm ansammeln, und diese sich so anordnen, dafs, welchen Punkt des Leiters wir auch betrachten mögen, die Resultante der anziehenden und abstofsenden Wirkungen, welche von dieser Elektricität auf die noch vorhandenen natürlichen Elektricitäten des betreffenden Punkts geübt werden, genau aufgewogen wird durch eine an Grösse gleiche und in der Richtung entgegengesetzte Resultante der Elektricität des vertheilenden Körpers, weil, so lange dies nicht Statt hat, noch neue Vertheilung für diesen Punkt eintreten mufs. Nun macht aber während der Berührung des vertheilten Körpers mit einem Leiter dieser ein Stück des vertheilten Körpers selbst aus, oder bildet eine Fortsetzung desselben, welche in dem hier betrachteten Fall der Nichtisolirung eben so gut blofs vertheilte negative Elektricität enthält, als der vertheilte Körper selbst, welche Elektricität mit zu der Resultante beiträgt, die der Wirkung der vertheilenden Elektricität das Gleichgewicht hält. Entfernen wir den berührenden Leiter mit seiner vertheilten Elektricität, so wird das vorige Gleichgewicht nicht mehr bestehen können, die im vertheilten Leiter rückbleibende negative Elektricität wird

sich anders anordnen müssen, weil auch die Wirkung auf die Punkte der Oberfläche jetzt eine andere wird; betrachten wir aber, ohne Rücksicht auf diese neue Anordnung, bloß die Wirkung, welche das Entführen einer gewissen Quantität vertheilter negativer Elektricität auf den neuen Gleichgewichtszustand bei  $b$  haben muß, so leuchtet ein, daß, wenn der berührende Leiter bei  $a$ , wo sich die stärkste negative Elektricität ansammelt, angebracht war, eine beträchtliche Quantität vertheilter negativer Elektricität mit ihm entzogen, und dadurch ein beträchtliches Uebergewicht der vertheilenden Wirkung, welche positive Elektricität gegen  $b$  treibt, eintreten muß, wofern der berührende Leiter nicht gar zu wenig Oberfläche darbot, wie im Fall der Berührung mit dem dünnen Draht. Diese positive Elektricität, die jetzt neu entsteht, kann mehr als hinreichen, die negative Elektricität, die sich vor dem Abziehen des berührenden Leiters bei  $b$  befand, zu neutralisiren. War dagegen der berührende Leiter bei  $b$  angebracht, so enthielt er überhaupt nicht so viel vertheilte Elektricität, als wenn er in größerer Nähe des vertheilten Körpers angebracht ist; durch seine Entfernung kann daher der vorher bestandene Gleichgewichtszustand *ceteris paribus* überhaupt weniger geändert werden, und, was noch hinzuzufügen ist, durch seine Entfernung wird die Wirkung, welche positive Elektricität gegen  $b$  zieht, vielmehr vermindert, als vermehrt; da er ja, wie einleuchtet, vermöge seiner Lage auf der Rückseite bei  $b$  durch die negative Elektricität, die er enthielt, eine Bewegung der Elektricitäten in demselben Sinne hervorzurufen streben mußte, als der vertheilende Körper. In der That, je nachdem der berührende Leiter bei  $a$  oder  $b$  angebracht ist, wirkt seine negative Elektricität in entgegengesetztem oder gleichem Sinne als die Elektricität des vertheilenden Körpers.

Diese allgemeine Betrachtung ist freilich noch keineswegs eine strenge, da wir dabei den Erfolg, den die

mit dem Abziehen des berührenden Leiters erfolgende neue Anordnung der Elektricität im vertheilten Leiter haben muß, nicht in Rechnung zu bringen wissen; inzwischen dürfte sie, was vor jetzt nur beabsichtigt wird, hinreichen, den Erfolg der behandelten Phänomene im Groben übersehen und erklärlich finden zu lassen. Nach einer sonst beliebten Betrachtungsweise würde man die Erklärung so stellen: Wenn der Leiter den vertheilten Körper bei  $a$  berührt, wird die vertheilende, bindende Kraft des vertheilenden Körpers zu grossem Theil mit durch diesen Leiter beschäftigt, kann sich daher nicht so wirksam auf den vertheilten Körper selbst äussern, als wenn nun der Leiter entfernt wird, worauf die jetzt neu erfolgende Zersetzung natürlicher Elektricitäten positive Elektricität gegen  $a$  treibt. Ich überlasse es Jedem, sich der Betrachtungsweise anzuschliessen, die ihm am meisten zusagt.

Welche Anordnung der Elektricität unter vertheilenden Einflüssen auf Leiter eintreten müsse, ist ein Gegenstand, der von Poisson unter rein mathematische Bestimmungen gebracht ist, die auf nichts fussen, als auf den bekannten Anziehungs- und Abstofsungsgesetzen der Elektricität, und der Voraussetzung, dafs es eine expansible aber incompressible Flüssigkeit sey. Faraday hält diese Voraussetzungen nicht für genügend; er glaubt, dafs die vertheilende Kraft in krummen Linien um die Körper herum wirke. Ich gestehe, dafs ich nichts in seinen Versuchen finde, was diese Voraussetzung rechtfertigt. Wenn z. B. in seinem Versuche, No. 1218 und 1219 die Kugel auch bei  $b$  positiv elektrisch ist, auf der vom vertheilenden Körper abgewandten Seite, so ist ja doch in Rücksicht zu ziehen, dafs die Theilchen der vertheilten positiven Elektricität, während sie vom vertheilenden Körper angezogen werden, sich zugleich unter einander abstossen, und diese Abstofsung treibt einen Theil der vertheilten positiven Elektricität

rückwärts auf die abgewandte Seite, und erhält ihn auf derselben. Wenn nach No. 1220 die Tragekugel bei *e* über der vertheilten Kugel durch Vertheilung auch positiv elektrisch wird, in gröfserer Höhe sogar stärker, als in kleinerer, so liegt diefs darin, dafs, wenn die Resultante der vertheilten Elektricität für die Rückseite der vertheilten Kugel selbst eben so grofs ist, als die der vertheilenden, sie für Punkte, die über der Kugel liegen, kleiner wird, als die der letzteren, weil die Entfernung in rascherem Verhältnisse wächst von den Punkten der vertheilten, als der vertheilenden Elektricität.

Die Angabe in No. 1221, nach welcher eine etwas breite nicht isolirte Scheibe über einem elektrischen Körper auf der Mitte der Rückseite sich nicht elektrisch zeigen soll, ist entschieden nicht richtig; obwohl ich die Richtigkeit des Versuchs, aus dem sie geflossen ist, nicht bezweifle. Die Elektricität ist blofs sehr schwach daselbst, um so schwächer, je gröfser man die Scheibe nimmt, so dafs sie allerdings für ein nicht sehr empfindliches Elektrometer bei Anwendung gröfserer Scheiben verschwinden mufs.

Bei Anwendung einer runden Messingscheibe von 4 Zoll Durchmesser, die ich, indem ich sie am Rande mit den Fingern fafste, horizontal über die Kugel *A* (von 3 Zoll Durchmesser) der geladenen Flasche *L* hielt, bekam ich, unter Anwendung eines Prüfungsscheibchens von 8 Lin. Durchmesser aus Goldpapier, schwache, aber sehr entschiedene negative Elektricität von der Mitte der Rückseite der Scheibe. Als statt der Messingscheibe die Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser angewandt ward, nahm zwar das kleine Prüfungsscheibchen von der Mitte der Rückseite nichts Unzweideutiges mehr auf, wohl aber eine runde Prüfungsplatte von 3 Zoll Durchmesser, obwohl auch diese Spuren nur schwach waren.

Faraday vermifste schon bei Scheiben von  $1\frac{1}{2}$  bis 2 Zoll Durchmesser die Wirkung. Diefs wäre unnög-

lich gewesen, wenn er sich eines empfindlichen Säulen-  
elektroskops bedient hätte.

Obschon ich nach allem diesen die Poisson'schen Untersuchungen immer noch maßgebend für diesen ganzen Gegenstand halte, muß man doch gestehen, daß die Schwierigkeit ihrer Anwendung für die meisten in der Erfahrung vorkommenden Fälle uns sehr oft noch nöthigen wird, anstatt in der Erfahrung bloße Bestätigungen jener Untersuchungen zu suchen, vielmehr Belehrung von ihr selbst zu erwarten. Ich selbst werde im Folgenden eine Anzahl Erfahrungen mittheilen, welche nach bloß allgemeinen Betrachtungen leicht zu gleichen Schlüssen von einer um die Körper herum wirkenden Vertheilungskraft führen könnten, als die von Faraday angeführten; aber wer möchte sich wirklich getrauen, solchen Betrachtungen hier Gewicht beizulegen, wo es sich um Zusammensetzung und Zerlegung der Wirkungen von unendlich vielen Punkten handelt. In der That fürchte ich, ist mit allgemeinen Betrachtungen gar nichts mit Sicherheit auf einem Felde zu erzielen, auf welchem die Ermittlung der Resultante selbst für den Calcul zu schwierig wird.

Wenn ein isolirter Leiter vertheilt wird, so sieht man es als allgemeine Regel an, daß die der vertheilenden Elektricität ungleichartige ihr selbst möglichst nahe, die gleichartige möglichst fern geht. Inzwischen läßt diese Regel, selbst wenn man nur einen allgemeinen Anhalt darin suchen will, Vieles unbestimmt.

Eine Messingkugel *A*, Fig. 19 Taf. I, von 3 Zoll Durchmesser ward auf dem gewärmten gefirnißten Glase *G* isolirt, positiv geladen und ihr gegenüber eine Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser und 0,35 Lin. Dicke vertical, auf dem Siegellackcylinder *S* isolirt (durch Einschmelzen des Randes befestigt), so daß der Mittelpunkt der Kugel und der Scheibe einander gegenüber standen. Hier fragt sich nun, ob die Ränder *c*, *d* der

vertheilten Scheibe, oder die Mitte der Rückseite  $b$  als entfernteste Punkte anzusehen sind; erstere sind es, direct von der Kugel  $A$  aus gemessen, letztere, auf der Oberfläche der vertheilten Scheibe von  $a$  aus fortschreitend gemessen. Für erstere Annahme ist  $b$  negativ, für letztere positiv zu erwarten. Die Erfahrung entscheidet für das Letzte. Es ist nicht nur  $b$ , sondern auch die ganze Hinterfläche und selbst noch ein schmaler Ring am Rande der Vorderfläche positiv; bei allen Abständen der Kugel und Scheibe (d. i. ihren Vorderflächen), wo ich den Versuch angestellt habe, d. i. von 1 bis 8 Zoll.

Um die Indifferenzzone auf der Vorderfläche etwas genauer zu bestimmen, wandte ich theils die vorige, theils, bei einer späteren Wiederholung, eine andere Anordnung des Versuchs an, welche in Fig. 20 Taf. I vorgestellt ist.

$M$  ist eine, mit einer Skale versehene, verticale Stange, an welcher sich der Läufer  $N$ , der durch eine Feder in seiner jedesmaligen Lage erhalten wird, auf und abschieben läßt. An diesem Läufer ist die  $1\frac{1}{2}$  Fufs lange gefirnisste Glasstange  $g$  befestigt, und an dieser die, 2 Zoll 8 Linien lange Siegellackstange  $s$ , welche durch Anschmelzen an die Metallscheibe  $cd$  (von den angegebenen Dimensionen) befestigt ist. Die Art, wie  $s$  an  $g$  und  $g$  an  $N$  befestigt ist (wobei einiges Metall concurrirt), halte ich nicht nöthig näher zu beschreiben oder in der Figur anzudeuten. Die Kugel  $A$  von 3 Zoll Durchmesser ruhte auch hier auf dem Glascylinder  $G$  von  $5\frac{1}{2}$  Zoll Länge und 2 Zoll 3 Lin. Durchmesser, welcher selbst auf dem Tische  $T$  stand. Bei einer nochmaligen Wiederholung dieser Versuche endlich substituirt ich, um sie so rein als möglich anzustellen, dem Glascylinder einen Isolirstab, Fig. 21 Taf. I, auf dessen Gipfel die Kugel mit Wachs befestigt wurde. Derselbe ist 5,6 Lin. dick;  $ab$ , 1 Zoll lang, ist Gummilack,  $bc$ , 11 Zoll lang, ist Glas, mit

Gummilack gefirnist, und *cd*, 2,9 Zoll lang, Metall. Sämmtliche Wiederholungen lieferten gleiches Resultat.

Als Prüfungsscheibe diente eine runde übersilberte Scheibe von Kartenpapier von 8 Lin. Durchmesser, welche, um die Hand etwas fern von dem vertheilten System zu halten, an einem 6 Zoll langen Gummilackstiel auf die in Fig. 22 Taf. I angedeutete, Weise befestigt war.

Unter Anwendung dieser Vorrichtungen fand ich, daß bei Abständen der Kugel und Scheibe von 2 bis 4 Zoll die Indifferenzzone sicher zwischen 0 und 1 Zoll vom Rande lag. Die Mitte des Prüfungsscheibchens, auf 1 Zoll vom Rande gesetzt, gab schon negativen Ausschlag; mit seinem Rande an den Rand der Scheibe (jedoch noch ganz auf die Vorderfläche derselben) gesetzt, positiven. Bei 2 Zoll Abstand glaube ich, daß die Indifferenzzone nicht erheblich abweichend von  $\frac{1}{2}$  Zoll vom Rande liegen könne, eine ganz genaue Bestimmung aber halte ich für unmöglich. Die positive Elektrizität auf der Rückseite war in der Mitte deutlich schwächer, als am Rande; bei 1 Zoll Abstand zwischen Kugel und Scheibe gab die Mitte des Prüfungsscheibchens, in 1 Zoll vom Rande aufgesetzt, nur Zweideutiges, doch wie es schien, immer noch Negativität, während bei 2 Zoll Abstand die Negativität hier sehr entschieden war. Mit der Näherung scheint also die Indifferenzzone mehr nach der Mitte zu rücken.

Bei Versuchen über Vertheilung im isolirten Leiter ist es wichtig, folgende Vorsichten nicht außer Acht zu lassen. Die der vertheilenden gleichartige Elektrizität im vertheilten Körper ist der Absorption durch Luft und den Verlust durch die Träger sehr ausgesetzt. Wollte man also die Versuche längere Zeit fortsetzen, so würde man diese Elektrizität geschwächt und die Indifferenzzone verrückt finden. Ganz kann man diesen Uebelstand nicht vermeiden; denn selbst, wenn man einen iso-



lirten Leiter, der sich nur sehr kurze Zeit im Wirkungskreise eines vertheilenden befunden hat, wieder aus demselben bringt, wird er nachher wieder an einem empfindlichen Elektrometer wenigstens Spuren einer, der vertheilenden entgegengesetzten Elektricität zeigen. Man muß daher, um diesen Uebelstand wenigstens möglichst zu schwächen, die Probe jedesmal unmittelbar vornehmen, nachdem man den zu vertheilenden Körper in den elektrischen Wirkungskreis gebracht oder den vertheilenden Körper geladen hat, und vor jedem neuen Versuche den vertheilten Körper zurückziehen, berühren, und wieder isolirt in den Wirkungskreis bringen, oder den vertheilenden und vertheilten Körper beide berühren, und jenen dann wieder neu laden, was am bequemsten mittelst des Knopfs einer Leidner Flasche geschehen kann.

Außerdem muß man sich natürlich überzeugen, daß bei dem gewählten Abstände zwischen vertheilendem und vertheiltem Körper kein Ueberspringen oder Einsaugen von Elektricität stattfindet; was leicht dadurch geschieht, daß man prüft, ob nicht der vertheilte Leiter, nach Zurückziehen oder Entladung des vertheilenden, die diesem gleichartige Elektricität zeigt.

Diese Vorsichten sind bei den vorigen und den folgenden Versuchen nicht vernachlässigt worden. Wenn es nach obigen Resultaten scheinen könnte, daß die Regel, die der vertheilenden gleichartige Elektricität an den entferntesten Stellen des vertheilten Leiters zu suchen, noch ihre Gültigkeit habe, wenn man die Entfernungen vom nächsten Punkte des vertheilten Leiters auf der Oberfläche mißt, so ergiebt sich doch bei Betrachtung anderer Fälle, daß sie auch auf diese Weise gefaßt, nicht Stich hält.

Zu den vorigen Versuchen war eine ganze Scheibe angewandt worden; als aber eine ähnliche Scheibe angewandt wurde, die in der Mitte mit einer runden Oeff-

nung von einigen Linien durchbohrt war, zeigte sich immer noch um den Rand des Lochs auf der Rückseite positive Elektricität, wenn gleich die Prüfungsscheibe so angewandt wurde, daß nichts vom Loch verdeckt ward. Dessen ungeachtet lassen sich, wenn man längs der concaven Oberfläche des Lochs mißt, diese Punkte hier als sehr nahe betrachten.

Auch, wenn man metallische Streifen und Cylinder von angemessenen Dimensionen durch eine Kugel vertheilt, indem man die Mitte derselben der Mitte der vertheilenden positiven Kugel gegenüber anbringt, findet man (Fig. 23 Taf. I) die Mitte der Rückseite *b* positiv, ungeachtet der Weg von *a* zu *b*, selbst auf der Oberfläche gemessen, hier viel kürzer ist, als von *a* zu anderen, auf der Vorderfläche liegenden, Punkten, die sich negativ finden.

Um die Vertheilungsversuche mit Streifen und Cylindern anzustellen, wurde am Apparat, Fig. 20 Taf. I, die verticale Siegellaekstange *s* vom Glasarm *g* entfernt, und statt derselben ein horizontaler gefirnisster Glasstab an das Ende von *g* befestigt, senkrecht auf die Stange *g*, so daß sie zusammen ein horizontales |— bildeten. An diesen Querbalken wurden zwei, 10 Zoll lange, Schlingen von feinen Seidenfäden gehängt, in welche der Streifen oder Cylinder so eingelegt ward, daß die Schlingen ihn nahe an den Enden faßten. Solcherge-  
stalt befand sich der Streifen, senkrecht auf *g*, so wie auf den hölzernen Maafsstab, in beträchtlicher Entfernung von der störenden Einwirkung anderer Leiter. Die Messingkugel von 3 Zoll Durchmesser, auf dem Isolirstab, Fig. 21, Taf. I, wurde darunter angebracht.

Unter Anwendung eines Zinkstreifens von 5 Zoll 7 Lin. Länge, 10 Lin. Breite, 1 Lin. Dicke, zeigte sich bei Abständen, variirend von 8 Lin. bis 8 Zoll, die ganze Hinterfläche immer positiv. Bei den Abständen 1 und

2 Zoll wurde die, auf der Vorderseite (untere Seite) liegende Indifferenzstelle aufgesucht und innerhalb des ersten Zolls vom Ende gefunden.

Eben so zeigte sich innerhalb gleicher Gränzen der Abstände die ganze Hinterfläche und ein Theil der Vorderfläche an den Enden positiv bei einem Messingstreifen von 14 Zoll Länge, 1 Zoll 7 Lin. Breite und 1,2 Zoll Dicke, und einem eisernen Cylinder von 7 Zoll 1 Lin. Länge und 5,9 Lin. Durchmesser. Die Elektricität an den Enden der Hinterfläche war aber stets stärker, als in der Mitte derselben.

Wieder jedoch würde man irren, wenn man nach vorstehenden Beispielen glauben wollte, daß der Punkt *b* der Hinterfläche immer positiv sey. In der That bei Anwendung eines eisernen Cylinders von 12 Zoll Länge 4,2 Lin. Dicke zeigte sich bei Abständen, die ich von 1 zu 2 Zoll variirt habe, die Rückseite an der Stelle *b* negativ statt positiv. Bei 2 Zoll Abstand lag die Indifferenz, statt auf der Rückseite zwischen 1 und 2 Zoll von der Mitte, auf der Vorderseite aber zwischen  $1\frac{1}{2}$  und  $2\frac{1}{2}$  Zoll vom Ende, so daß also auf der Vorderseite sich die negative Elektricität weiter von der Mitte an erstreckte, als auf der Rückseite. Bei 1 Zoll Abstand lag die Indifferenzstelle auf der Rückseite ebenfalls zwischen 1 und 2 Zoll von der Mitte, auf der Vorderseite zwischen 2 und 3 Zoll vom Ende hatte sich jedenfalls hier mehr zusammengezogen.

Da dieser Cylinder sich von dem vorigen sowohl in Dicke als Länge unterschied, so verglich ich, um zu finden, auf welchem Umstande hauptsächlich die Verschiedenheit in Betreff der Elektricität der Stelle *b* beruhte, zwei Stahldrähte von gleichem Durchmesser (1,8 Lin.), aber verschiedener Länge, indem der eine bloß 3 Zoll, der andere 12 Zoll 3,5 Lin. Länge hatte. Hier zeigte sich dann bei Abständen, variirt von 8 Lin. bis

2 Zoll, daß der kurze Draht bei  $b$  positiv, der lange dagegen negativ elektrisch war.

Inzwischen sind die übrigen Dimensionen nicht ohne Einfluß. Bei Vergleich zweier Streifen Kartenpapier von der gleichen Länge, 8 Zoll 8 Lin., aber verschiedener Breite, zeigte sich bei 1 Zoll Abstand der Streifen von 3 Lin. Breite lebhaft negativ, der von 1 Zoll Breite schwach positiv bei  $b$ .

Die 3zöllige, auf dem Isolirstabe, Fig. 21 Taf. I, befestigte Messingkugel wurde mit einem hohlen Cylinder von dünnem Weißblech, von 3 Zoll 6 Lin. Durchmesser, 2 Zoll 8 Lin. Höhe und 0,18 Lin. Wanddicke umgeben, der an dem Stabe  $g$  der Fig. 20 Taf. I mittelst Seidenfäden so aufgehängt war, daß seine Axe vertical war, Fig. 24 Taf. I. Da der Kugel innerhalb des Cylinders eine zu ihm symmetrische Lage gegeben war, so ragte die Kugel unterhalb und oberhalb desselben um 2 Lin. hervor, und hatte von seiner inneren Oberfläche ringsum (im horizontalen Aequator) den Abstand von 3 Linien. Die Kugel wurde geladen, schwach genug, daß kein Ueberspringen zum Cylinder stattfand, was durch besondere Proben verificirt wurde. Die ganze Außenfläche des Cylinders zeigte sich positiv, stärker an den Rändern als in der Mitte der Cylinderfläche; die Innenfläche war negativ, bis auf ein schmales Streifchen am Rande, welches erkannt wurde, als ich ein 2 Linien breites Prüfungstreifchen anwandte. Dieses, auf die Innenfläche an den Rand angelegt, so daß nichts von ihm über den Rand herausragt, nahm stets positive Elektricität auf. Wandte ich das Prüfungsscheibchen von 8 Lin. Durchmesser eben so an, so ragte dies schon tief genug in die negative Sphäre hinein, daß es stets negativ zurückgezogen wurde. Die Kugel selbst zeigte sich, wie zu erwarten, am schwächsten positiv an den beiden, aus dem Cylinder hervorragenden Gipfeln, nach ihrem Aequator zu nahm die Intensität zu.

Dieser Versuch bietet in sofern etwas Auffallendes dar, als wir hier der positiven Kugelfläche selbst gegenüber (an den Rändern der Innenfläche des Cylinders) noch positive Elektricität auftreten sehen.

Inzwischen zeigt sich Analogie auch bei andern Anordnungen.

Die Kupferscheibe von 9 Zoll 4 Lin. Durchmesser und 0,35 Lin. Dicke wurde wie in Fig. 20 Taf. I angebracht, und ihr gegenüber und parallel damit eine Zinkscheibe von gleichem Durchmesser und 0,6 Lin. auf dem Isolirstabe, Fig. 21 Taf. I befestigt.

Bei Variationen des Abstandes zwischen beiden Scheiben von  $\frac{1}{2}$  bis 6 Zoll fand sich, wenn die untere positiv geladen war, die Unterfläche der oberen nahe am Rande ebenfalls noch positiv, [so wie auch die ganze Oberfläche. Bei den größeren Abständen war diese positive Zone am Rande der Unterfläche größer oder die Indifferenzzone der Mitte näher, als bei den kleineren Abständen. Bei  $\frac{1}{2}$  und 1 Zoll Abstand z. B. gab ein 2 Lin. breites Prüfungsscheibchen, unmittelbar, Rand an Rand, doch ganz auf die Unterfläche, gesetzt, positive Elektricität, das Prüfungsscheibchen von 8 Lin. Durchmesser aber, eben so angewandt, schon negative Elektricität, weil es zu weit in die negative Sphäre hineinragte. Bei 2 Zoll Abstand verhielt es sich eben so, aber die negative Elektricität, welche das Prüfungsscheibchen anzeigte, war sehr schwach; bei 3 Zoll Abstand zeigte dieses nichts (obschon immer noch das Prüfungstreifchen). Bei höheren Abständen wird die vertheilende Wirkung überhaupt nur schwach, aber selbst das Prüfungsscheibchen zeigte nun deutlich positive Elektricität, auf die angegebene Art am Rande der Unterfläche angewandt. Inzwischen ist in allen Fällen die positive Elektricität am Rande der Oberfläche beträchtlich größer, als am Rande der Unterfläche, auch bei Anwendung des schmalen Prüfungstreifchens.

---

## II. *Ueber die Richtung des elektrischen Nebenstroms; von Peter Rieffs.*

**H**enry <sup>1)</sup> hat aus Versuchen über die magnetisirende Eigenschaft des elektrischen Nebenstromes geschlossen, daß derselbe seine Richtung ändert mit der Entfernung des Nebendrahtes vom Hauptdrahte <sup>2)</sup>. Diese Behauptung wird dadurch besonders wichtig, daß sie die bekannten Eigenthümlichkeiten der elektrischen Magnetisirung ganz auf Rechnung des elektrischen Stromes setzt und eine anomale Magnetisirung nicht mehr gelten läßt. Die Grundlosigkeit einer solchen Annahme kann, wie ich früher angedeutet, aus Savary's Versuchen, zu deren Erklärung sie dienen soll, hinlänglich dargethan werden; schon der einzige Versuch spricht unzweideutig gegen dieselbe, in welchem entgegengesetzte Magnetisirungen durch graduelle Verstärkung der Ladung der Batterie erfolgen. — Ich habe indessen versucht, die Richtung des elektrischen Nebenstromes auf directe Weise zu bestimmen, und halte meine Versuche schon darum der Mittheilung werth, weil sie zeigen, wie gefährlich es ist, an die Stelle eines Unerklärlichen, mit Umgebung

1) Poggend. Annal. Ergänz. Bd. I S. 305.

2) Denselben Schluß wiederholt Matteucci neuerdings in einem Schreiben an die Pariser Academie (*Compt. rend.* 10 aout 1840), in welchem Versuche reproducirt werden, die von Henry am Ende des Jahres 1838 (*Transact. amer. phil. soc.* VI, p. 17), und von mir zu Anfange 1839 (Poggend. Annal. Bd. XXXVII S. 55) beschrieben worden sind. Die Bemerkung Savary's (a. a. O.), daß Hr. M. keine Kenntniß von meiner Abhandlung gehabt haben konnte, muß auf die französische Uebersetzung derselben bezogen werden, welche ich erst im April 1840 fertigte, und die später in den *Annales de chimie* abgedruckt worden ist.

**des Experiments, ein neues nicht minder Unerklärliches zu setzen.**

Bringt man in dem Nebendrahte einer elektrischen Batterie einen Isolator an, der von der Elektrizität nicht durchbrochen wird, so entsteht kein Nebenstrom. Nichtsdestoweniger ist das elektrische Gleichgewicht des Drahtes durch den Act, der den Nebenstrom einleitet, gestört worden, wie sich durch einen leichten Versuch zeigen läßt. Setzt man nämlich die freien Enden des Nebendrahtes einander gegenüber auf die entgegengesetzten Flächen einer dünnen Harzplatte, so zeigen sich, nach der Entladung der Batterie durch den Hauptdraht, die beiden Flächen auf das Bestimmteste von einander unterschieden. Es sind auf denselben eigenthümliche elektrische Figuren entstanden, zu deren Erkennung in den meisten Fällen ein leichtes Anhauchen der Fläche hinreicht. Will man die Figuren fixiren, so geschieht dies, wie es Lichtenberg gelehrt hat, durch Bepuderung derselben mit einem Gemenge von Schwefelblumen und Mennige. Auf der einen Fläche der Harzplatte entsteht hierdurch eine rothe Scheibe mit rother Kreiseinfassung, auf welche ein dunkler (nicht bestäubter) Kreis folgt, von welchem gelbe Strahlen ausgehen (Taf. II Fig. 1); auf der andern Fläche sind gelbe und rothe Kreissegmente sichtbar, die von einem breiten rothen Ringe eingefasst werden (Taf. II Fig. 2). Die Strahlen und der Ring nehmen mit der Stärke der elektrischen Erregung an Ausdehnung zu, nur bei sehr schwacher Erregung fehlen die Strahlen der ersten Figur und eine einfache rothe Scheibe bleibt übrig, die indess hinlänglich von der zweiten Figur unterschieden ist, in welcher stets der rothe Ring erkennbar bleibt. Von der Beziehung dieser Figuren zu dem elektrischen Zustand der Enden des Nebendrahtes, die sie erzeugen, läßt sich nach ihrer Form nichts Bestimmtes aussagen, da jede derselben zusammengesetzt ist aus den beiden Grundformen, die Lichten-

ten-

tenberg als positive und negative unterschieden hat. Wie falsch es seyn würde von der ersten Figur auf einen ausschliesslich positiven Zustand der sie erzeugenden Spitze zu schliessen, wie man bei dem ersten Anblicke zu thun geneigt seyn könnte, wird unten erhellen.

Ich habe den elektrischen Nebenstrom in vielen Versuchen Stahlnadeln magnetisiren und die beschriebenen Figuren erzeugen lassen, und will die merkwürdigsten Ergebnisse anführen. Der Deutlichkeit wegen lege ich der Beschreibung das Schema, Taf. II Fig. 3, zu Grunde. Die elektrische Batterie wird durch den Schliessungsbogen *ABCD* entladen; der Theil *AB* desselben, der auf den Nebendraht einwirkt, ist, eben so wie der ihm gegenüberstehende Theil *ab* des Nebendrahtes, zu einer flachen Spirale aufgewunden; mit *C* und *D* sind die Arme eines Henley'schen Ausladers bezeichnet, die, wo es nicht anders bemerkt ist, durch einen kurzen Kupferdraht verbunden sind. Die Nebenspirale (deren Stelle *ab* angiebt) ist durch zwei 3 Fufs lange Kupferdrähte verlängert, der eine Draht setzt in eine kurze, enge, rechtsgewundene Drahtschraube fort, an welcher ein Ende mit *m* bezeichnet ist. Die Enden des ganzen Nebendrahtes werden von 2 sehr feinen Spitzen;  $\alpha$  und  $\beta$ , gebildet, die auf Glasstäben isolirt mittelst einer Schraubenvorrichtung gegen einander bewegt werden können. Zur Erzeugung der Figuren wird zwischen diese Spitzen, rechtwinklig gegen dieselben und sie berührend, eine kleine Glas- oder Kupferplatte gebracht, welche auf beiden Flächen einen dünnen Ueberzug von schwarzem Pech oder Harz erhalten hat. Der Stoff der Platte ist gleichgültig, da dieselbe an einem isolirten Statif befestigt wird. Ich habe auch zuweilen, bei sehr schwacher Elektrizitätserregung, eine einseitig überzogene Kupferplatte gebraucht, auf welcher zwar nur eine Figur, diese aber in bestimmteren Umrissen gebildet wird. Eine schon gebrauchte Harzflä-



ehe muß über der Lichtflamme bis zum Schmelzen erhitzt werden, ehe sie wieder angewendet wird. In der unten folgenden Tabelle ist bei den einzelnen Versuchen die Spitze angegeben, welche die Strahlenfigur Taf. II Fig. 1 erzeugte. Um die Magnetisirung durch den Nebenstrom zu untersuchen, wird das Ende  $\alpha$  mit  $\beta$  verbunden, und eine neue englische Nähnadel von bestimmten Dimensionen (13<sup>m</sup>,9 lang 0<sup>m</sup>,209 dick) in eine Glasröhre eingeschlossen in die Drahtschraube bis zu einer bestimmten Tiefe geschoben. Die Magnetisirung der Nadel wurde nach der Abstößung des Nordpols einer Bussole durch dieselbe beurtheilt, wobei die Polarität des Endes der Nadel, das an der Marke  $m$  lag, genau gemerkt wurde. In der Tabelle soll die Magnetisirung als normal mit  $+$  bezeichnet werden, wenn sie bei positiver Ladung der Batterie  $m$  einem Nordpol, bei negativer einem Südpol entspricht. In diesem Falle nämlich findet, bei Annahme eines gleichgerichteten Stromes im Haupt- und Nebendrahte, die bekannte elektrodynamische Regel ihre Anwendung. Eine entgegengesetzte Magnetisirung wird als anomal mit  $-$  bezeichnet. Die Batterie bestand bei den folgenden Versuchen aus fünf Flaschen, und wurde, wo es nicht anders bemerkt ist, mit positiver Elektrizität geladen. Die Kugeln der Maassflasche standen  $\frac{1}{2}$  Lin. von einander entfernt. Wo der Hauptdraht als verlängert bezeichnet ist, war zwischen den Armen des Henley'schen Ausladers ein Neusilberdraht, 3' 2" lang  $\frac{1}{16}$ " dick, befestigt worden. Es wurde zuerst die kleine Haupt- und Nebenspirale (aus 13 Fuß Kupferdraht bestehend) angewendet; zwischen den Spiralen befand sich eine Glasscheibe.

Entfernung der Spiralen.	Elektricitätsmenge.	Hauptdraht.	Polarität bei <i>m</i> .	Magnetisirung.	Fig. 1 entsteht bei:
1'''	5		Nord	+ 0°,7	$\beta$
1	10		N.	+ 3,0	$\beta$
1	10	verlängert	Süd	— 9,0	$\beta$
1	10 negat.	verlängert	N.	— 10,0	$\alpha$
1	20		N.	+ 5,0	$\beta$
1	20	verlängert	S.	— 7,7	$\beta$
1	30		N.	+ 3,3	$\beta$
1	30	verlängert	S.	— 4,6	$\beta$
3	30		N.	+ 5,7	$\beta$
5	30		N.	+ 7,5	$\beta$
5	30	verlängert	S.	— 5,0	$\beta$
15	30		N.	+ 4,5	$\beta$
25	30		N.	+ 1,0	$\beta$
25	30	verlängert	S.	— 6,0	$\beta$
39,5	30		S.	— 1,2	$\beta$

Eine zweite Versuchsreihe wurde mit der großen Haupt- und Nebenspirale (aus 53 Fuß Kupferdraht bestehend) angestellt.

Entfernung der Spiralen.	Elektricitätsmenge.	Hauptdraht.	Polarität bei <i>m</i> .	Magnetisirung.	Fig. 1 entsteht bei
2'''	4		S.	— 2°,3	$\beta$
2	4 negat.		N.	— 3,3	$\alpha$
2	20		N.	+ 0,3	$\beta$
2	4	verlängert	S.	— 9,0	$\beta$
5	20		N.	+ 5,0	$\beta$
10	20		N.	+ 3,7	$\beta$
10	20 negat.		S.	+ 2,5	$\alpha$
20	20		N.	+ 2,5	$\beta$
20	20 negat.		S.	+ 2,3	$\alpha$
36	20		N.	+ 0,5	$\beta$

In diesen Versuchen sind, wie man aus den Ablesungen der Bussolnadel und den ihnen vorgesetzten Zeichen sieht, die Magnetisirungen der Stahlnadel stärker und schwächer, normal und anomal erfolgt. Das letz-

tere ist durch Entfernung der beiden Spiralen von einander, durch Veränderung der Ladung und durch Verlängerung des Hauptdrahtes mittelst des 3' 2" langen Neusilberdrahtes erlangt worden: Ich habe auf diese letzte Art, eine anomale Magnetisirung durch den Nebenstrom zu erhalten, vor längerer Zeit aufmerksam gemacht, und muß hier wiederholt darauf deuten, da mir bisher kein Fall vorgekommen ist, in welchem die angegebene Verlängerung des Hauptdrahtes eine normale Magnetisirung durch den Nebendraht erlaubt hätte. — Gänzlich unabhängig von der Stärke und Richtung der Magnetisirung ist aber die Bildung der elektrischen Figuren auf den Harzflächen. Dieselben sind desto größer und ausgebildeter, einen je stärkeren Nebenstrom man hervorgerufen hat, und ihre Lage gegen den Hauptstrom ist durchaus bestimmt. Man sieht sogleich durch Vergleichung der Tabellen mit dem Schema, Taf. II Fig. 3, daß, ohne eine einzige Ausnahme, die Strahlenfigur, Taf. II Fig. 1, stets an *der* Spitze des Nebendrahts entsteht, welche dem von der positiven Belegung der Batterie ausgehenden Theile des Hauptdrahtes zunächst liegt, mochte nun der Nebenstrom die Stahlnadel in normalem oder anomalem Sinn magnetisirt haben. Die Spitzen des Nebendrahtes, welche die Figuren erzeugen, standen 6 Fuß von der Batterie, 9 Fuß von der Elektrisirmaschine entfernt, so daß der Einfluß der freien Elektrizität des Apparats nicht zugegeben werden kann. Dann aber ist der elektrische Zustand der Spitzen offenbar derselbe, welcher bei Entfernung der Harzplatte den Nebenstrom constituirt, und der Schluß ist unabweisbar, daß die Richtung des Nebenstromes eine unveränderliche und in keiner Beziehung zu der Richtung des durch ihn erzeugten Magnetismus ist. Welche diese Richtung des Nebenstromes sey, wurde auf folgende directe Weise ausgemacht. Zwei dreizöllige Condensatorplatten wurden durch eine dünne Glimmerplatte getrennt; ich verband das eine Ende des

Nebendrahtes mit der unteren Platte, und näherte das andere Ende der kleinen Kugel, in welche die obere Platte fortsetzte. Nachdem die Batterie durch die Hauptspirale entladen worden war, hob ich die obere Platte ab und prüfte sie an einem Elektrometer. Der Versuch erfordert einige Vorsicht. Steht nämlich das freie Drahtende zu entfernt von der Kugel des Condensators oder derselben zu nah, so wird in dem Zwischenraum gar kein, oder ein sehr heftiger Funke bemerkt; in beiden Fällen findet sich keine Spur von Elektricität im Condensator. Bei gehörig regulirter Entfernung geht ein kleiner bläulicher Funke über, und die abgehobene Collectorplatte ist so stark elektrisch, daß sie auch bei schwacher Ladung der Batterie ein Goldblattelektrometer zur Divergenz von  $30^\circ$  bringt. Ich lud die Batterie mit der Menge 6 positiver oder negativer Elektricität und untersuchte die Elektricitätsart der Collectorplatte. In allen Fällen wurde bei positiver Ladung der Batterie die Platte von dem Ende  $\beta$  des Nebendrahtes negativ geladen, von dem Ende  $\alpha$  positiv; bei negativer Ladung hingegen von  $\alpha$  negativ, von  $\beta$  positiv. Man sieht, daß die Strahlenfigur, Taf. II Fig. 1, stets von der mit negativer Elektricität geladenen Spitze erzeugt wurde, wonach in allen angeführten Versuchen der Weg der beiden Elektricitäten bestimmt ist. Denkt man sich nämlich den Condensator entfernt und die freien Enden des Nebendrahtes einander nahe gerückt, so entsteht eine Entladung der selbst angehäuften Elektricitäten, und hierdurch der Nebenstrom, dessen Richtung an der Unterbrechungsstelle gegeben ist, und weiter durch den ganzen Draht verfolgt werden kann. Ein Blick auf Fig. 3 zeigt, daß der Strom im Nebendrahte dieselbe Richtung hat, welche die Entladung im Hauptdrahte verfolgt. Diese Versuche stellen daher den Satz, den ich schon früher angenommen habe, der aber mehrfach in Abrede gestellt worden, unbestreitbar fest, den Satz nämlich:

*Der Nebenstrom der elektrischen Batterie hat unter allen Umständen, welche eine verschieden gerichtete Magnetisirung durch denselben bedingen, im Nebendrahte stets dieselbe Richtung, welche der Entladungsstrom im Hauptdrahte hat.*

### III. Ueber die Principien der elektro-magnetischen Maschinen; von M. H. Jacobi.

(Ein Vortrag, gehalten in der diesjährigen Versammlung britischer Naturforscher zu Glasgow. — Aus dem „*Athenaeum*,“ No. 678.)

Ich habe die Ehre, der britischen Versammlung einen Abriss von den Gesetzen der Wirkung elektro-magnetischer Maschinen vorzulegen, Gesetzen, die uns befähigen, die wichtige Aufgabe von der Anwendung des Elektro-Magnetismus als bewegende Kraft in genauer Weise zu lösen. Seit dem Beginn meiner Arbeiten, die zum Theil eine rein practische Tendenz hatten, nahm ich mir vor, die Lücke, welche noch in unserer Kenntniß vom Elektro-Magnetismus übrig war, so viel wie möglich auszufüllen. Mit Hülfe des Hrn. Lenz verfolgte ich die Arbeiten, die um so schwieriger waren, als sie in der Richtung, die ich einzuschlagen für nöthig hielt, wenig Vorgängerinnen hatten, und wir begannen daher die Gesetze der Elektro-Magnete sorgfältig zu untersuchen. Der Bericht, welcher die Resultate unserer Untersuchungen enthält, wurde im Juni 1838 vor der Petersburger Academie gelesen <sup>1)</sup>. Ich nehme mir die Freiheit, zuvörderst den Inhalt dieses Berichts hier kurz zu wiederholen.

Das Problem, welches ich zu lösen suchte, kann folgendermaßen aufgestellt werden. Wenn ein Kern von weichem Eisen und eine Volta'sche Batterie von gewisser Oberfläche gegeben sind; In wie viel Elemente muß diese Oberfläche getheilt werden? wie dick muß der den

1) Vergl. *Annal.* Bd. XXXXVII S. 225 und 401.

Eisenkern umgebende Draht seyn, und endlich, wie viel Windungen muß dieser machen, um den größten Betrag von Magnetismus hervorzubringen? Ich will mich hier nicht darüber auslassen, auf welche Weise wir verfahren oder welchen Grad von Sicherheit die nach unseren Beobachtungen aufgestellten Gesetze besitzen. Ich nehme mir nur die Freiheit die einzelnen Gesetze darzulegen.

1) Die Stärke des in weichem Eisen durch galvanische Ströme erregten Magnetismus ist proportional der Kraft dieser Ströme. 2) Die Dicke des in Gestalt einer Schraube den Eisenstab umgebenden Drahts ist durchaus gleichgültig, vorausgesetzt, daß die Schraube stets eine gleiche Zahl von Gängen habe und der Strom stets von gleicher Stärke sey. Diefs Gesetz gilt auch für den Fall, daß, statt der Drähte, Streifen von Kupfer genommen werden. Dessenungeachtet muß ich bemerken, daß es, um einen Strom von gleicher Stärke zu erhalten, nöthig ist, einen Volta'schen Apparat von größerer Kraft zu gebrauchen, sobald dünne Drähte, die einen größeren Widerstand darbieten, angewandt werden. 3) Bleibt der Strom sich gleich, so kann, in der Mehrzahl der practischen Fälle, der Einfluß des Durchmessers der Schraube vernachlässigt werden. 4) Die gesammte Wirkung der elektro-magnetischen Schraube auf den Eisenstab ist gleich der Summe der Wirkungen, die jede Windung einzeln ausübt.

Mit Hülfe dieser Gesetze und der Ohm'schen Formel, deren Wichtigkeit erst neuerlich einige britische Physiker zu würdigen angefangen, haben wir eine Formel aufgestellt, die alle zur Erlangung des Maximums von Magnetismus erforderlichen besonderen Umstände umfaßt, und in folgender äußerst einfachen Weise ausgedrückt werden kann: *das Maximum des Magnetismus wird immer erhalten, wenn der gesammte Widerstand des die Schraube bildenden Leitungsdrahts gleich ist dem gesammten Widerstande der Säule.* Bezogen auf

das von Hrn. Faraday entdeckte merkwürdige Gesetz der festen Wirkung des galvanischen Stroms ergibt sich, daß der Magnetismus des weichen Eisens, dividirt durch den Zinkverbrauch, eine Gröfse, die wir den öconomischen Effect nennen, in Bezug auf das Maximum dieses Magnetismus eine constante Gröfse ist oder ein Ausdruck, in den weder die Dicke der Drähte noch die Zahl der aus der gegebenen Gesamtmfläche einer Batterie gebildeten Plattenpaare eingeht, sondern nur die Gesamtdicke der Hülle.

Nach Beendigung dieser ersten Untersuchungen und nach Erlangung dieser Resultate, die nicht blofs ihrer Einfachheit, sondern auch ihres practischen Werthes wegen höchst befriedigend sind, gingen wir daran, unsere Untersuchungen auf Eisenstäbe von verschiedenen Dimensionen anzuwenden. Hier fragt es sich, ob Länge oder Dicke des Kerns eine specifische Wirkung ausübe, oder ob der Grad des Magnetismus blofs von der Construction des Schraubendrahts und der Stärke des Stromes abhängt. Die Lösung dieses neuen Problems bietet gröfsere Schwierigkeit dar, als das, dessen vollständige Lösung uns gelang. Wir waren nun gezwungen, Eisenstäbe von verschiedenen Dimensionen, und folglich, nach aller Wahrscheinlichkeit, von verschiedener Beschaffenheit anzuwenden. Aehnliche Bedingungen in Bezug auf die Wirkung der elektro-magnetischen Schraubendrahte zu erhalten, war gleichfalls schwierig; und wir gewahrten bald, daß diese Umstände es unmöglich machten, eine so enge Uebereinstimmung zu erreichen, wie wir bei unseren früheren Beobachtungen erhalten hatten. Wiewohl diese Versuche schon vor zwei Jahren angestellt wurden, so sind doch die Resultate noch nicht veröffentlicht worden, weil wir, mit anderen Arbeiten beschäftigt, noch nicht Zeit genug zu deren Reduction und Anordnung, so wie zu den erforderlichen Berechnungen finden konnten. Dessenungeachtet nehme ich mir die

Freiheit, der Section einige Resultate vorzulegen, welche nicht ohne Interesse sind, und mit der Frage über die elektro-magnetischen Maschinen innig zusammenhängen.

Neun Cylinder von weichem Eisen, jeder 8 Zoll lang, und von verschiedenem Durchmesser, von drei Zoll bis ein Drittelzoll, unterwarfen wir der Wirkung eines Volta'schen Stroms von immer derselben Stärke, und erhielten dadurch folgende Werthe der magnetischen Kraft:

Durchmesser d. Stäbe.	Magnetismus beobachtet.	Magnetismus berechnet.
3 Zoll	447	442
$2\frac{1}{2}$ -	378	376
2 -	308	310
$1\frac{1}{2}$ -	246	244
1 -	175	178
$\frac{5}{6}$ -	158	156
$\frac{2}{3}$ -	142	135
$\frac{1}{2}$ -	112	113
$\frac{1}{3}$ -	87	91.

Die Rechnung wurde gemacht nach der folgenden Formel:

$$m = 131,75 d + 46,75,$$

in welcher die Constanten nach der Methode der kleinsten Quadrate bestimmt wurden.

Die Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung sind nicht so groß, daß sie nicht den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern, den Verschiedenheiten in der Beschaffenheit des Eisens u. s. w. zugeschrieben werden könnten. Eine ähnliche Uebereinstimmung fand sich bei andern Beobachtungen, die wir in dem „*Report*“ selbst beschreiben werden. Ich glaube daher, wir können das folgende Gesetz annehmen:

*Wenn Eisenstäbe von gleicher Länge dem Einfluss eines Stroms von gleicher Kraft ausgesetzt werden, so ist der Betrag des Magnetismus, den sie annehmen, proportional ihrem Durchmesser.*



Ich muß bemerken, daß die Constante, welche wir in der Formel hinzugefügt haben, von dem magnetischen Einfluß des Schraubendrahts abhängt und von dem eingeschlossenen Eisenkern unabhängig ist. Die practischen Folgerungen, die sich aus diesem merkwürdigen Gesetz ziehen lassen, sind von bedeutender Wichtigkeit. Von diesen will ich jedoch für jetzt nur einer erwähnen.

Nachdem gefunden worden, daß der Betrag des Magnetismus proportional ist der Oberfläche des weichen Eisens, wurde ermittelt, daß bei der Construction elektromagnetischer Maschinen, kleine Stäbe oder vielmehr, in Gemäßheit meiner eignen Versuche vom J. 1837 (*Taylor's Scientific Memoirs, Vol. II*), hohle Stäbe vortheilhafter seyen als grössere und solide. Ich kann hier die Versuche des Prof. Barlow nicht mit Stillschweigen übergehen, die, wie bekannt, schon vor langer Zeit bewiesen haben, daß die Einwirkung des Erdmagnetismus auf weiches Eisen nur von der Oberfläche, und fast gar nicht von der Dicke abhängt.

Um für Elektro-Magnete von verschiedener Länge das Gesetz zu ermitteln, unternahmen wir, Hr. Lenz und ich, sehr viele und mühsame Beobachtungen; sie wurden sogar auf Stäbe von 13 Fufs Länge ausgedehnt, und dabei zugleich die Bestimmung der besonderen Vertheilung des Magnetismus in den Stäben in Betracht gezogen. Von diesen Beobachtungen will ich nur diejenigen anführen, die auf die elektro-magnetischen Maschinen am meisten anwendbar zu seyn scheinen, und eben so einfache als unerwartete Resultate geliefert haben. Die folgende Tafel enthält die Resultate einiger Beobachtungen mit Stäben von gleichem Durchmesser, aber verschiedener Länge, unter dem Einfluß eines Stroms von gleicher Stärke, der sie in Schraubendrahten umkreiste. Bezeichnet  $M$  den Magnetismus der Enden und  $n$  die Zahl der Windungen des Drahts, so haben wir:

$$\frac{M}{n} = x,$$

eine Formel, nach welcher wir die Zahlen in der dritten Spalte berechnen können. Die Zahlen der vierten Spalte sind abgeleitet aus einer Reihe anderer Beobachtungen, gemacht mit demselben Draht von 960 Windungen, die indess nicht die ganze Länge der Stäbe bedeckten, sondern nur die Enden derselben und daselbst eine Strecke von etwa zwei Zoll Länge einnahmen. Da die Schraubendrahte bei allen Beobachtungen immer dieselben waren, so brauchte man nur den Magnetismus der Enden durch 960 zu dividiren, um die Zahlen dieser Spalte zu finden.

Versuche über den Magnetismus von Stäben ungleicher Länge.

Länge der Stäbe.	Anzahl der Windungen.	Mittlerer Werth <i>Einer</i> Windung, wenn der Draht bedeckt	
		die ganze Länge	bloß die Enden
3 Fuß	946	7,334	7,560
2,5 -	789	6,993	7,264
2	634	7,402	6,871
1,5	474	7,880	7,491
1	315	7,847	7,573
0,5	163	7,766	7,691
Mittel		7,537	7,408

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß der Einfluß Einer Windung des Schraubendrahts beinahe gleich ist für alle Stäbe, und daß ihre Länge keinen specifischen Einfluß ausübt. Nur im Verhältniß zur Zahl der Windungen und zur Stärke des Stroms können die Stäbe einen größeren oder geringeren Betrag an Magnetismus erlangen. Kleine Stäbe scheinen sogar einen geringen Vorzug vor großen zu haben, da sich durch die Versuche ergibt, daß die Kraft von dreifüßigen Stäben sich zu

der von halbfüßigen verhält wie 73 zu 77. Es findet sich auch ein Gewinn im Verhältniß von 75 zu 74, wenn man die ganze Länge der Stäbe bedeckt, statt bloß die Enden mit derselben Zahl von Windungen zu umgeben. Die Unterschiede zwischen den Beobachtungen und den einfachen Gesetzen sind, wie man sieht, für practische Zwecke ganz unbedeutend, und werden hoffentlich mit der Zeit ganz verschwinden, bei einer vollständigen Integration, welche die Gesamtlänge der Stäbe umfaßt, und auf die Wirkung eines Elements des Stroms gegründet ist.

Ich will nun zum eigentlichen Gegenstand meiner Mittheilung übergehen. Im März 1839 übergaben Hr. Lenz und ich der Petersburger Academie einen Bericht, den ich nun der Gesellschaft vorlegen will. Er enthält die Resultate von Versuchen, die uns befähigten das merkwürdige Gesetz aufzustellen, *dass die Anziehung der Elektromagnete proportional ist, dem Quadrat der Stärke des galvanischen Stroms, dessen Einfluss die Eisenstücke unterworfen werden.* Diefs Gesetz ist für die Praxis von höchster Wichtigkeit, da es der ganzen Theorie der elektro-magnetischen Maschinen als Basis dient.

Ehe ich weiter gehe, sey es mir erlaubt einige Bemerkungen zu machen in Betreff eines Instruments, welches ich zu Anfange dieses Jahres der Academie der Wissenschaften vorlegte. Es bezweckt eine Regulirung des galvanischen Stroms, und ist für manche Untersuchungen dieser Art von großem Werth. Während meines Aufenthalts in London zeigte mir Prof. Wheatstone ein Instrument, welches genau auf denselben Grundsätzen wie das meine beruhte, mit sehr unbedeutenden Abänderungen und Abweichungen. Nun ist es ganz unmöglich, dass dieser ausgezeichnete Physiker irgend Kunde von meinem Instrument gehabt haben sollte; allein, da wahrscheinlich die Anwendung desselben sehr ausgedehnt werden wird, so muß ich hinzufügen, dass wäh-

rend ich dieß Instrument nur zur Regulirung der Stärke elektrischer Ströme angewandt habe, er darauf eine neue Methode begründet hat zur Messung dieser Ströme und zur Bestimmung der verschiedenen Elemente oder Constanten, welche in die analytischen Ausdrücke eingehen und die Wirkung einer galvanischen Combination bedingen. Vorzüglich ist es die Messung der elektro-motorischen Kraft, auf welche Hr. Wheatstone durch diese Mittel seine Aufmerksamkeit gelenkt hat; und er hat mir in seinen noch nicht veröffentlichten Papieren sehr werthvolle, nach dieser Methode erhaltene Resultate gezeigt.

Im Fortgange dieser rein theoretischen Untersuchungen mußte ich wohl direct auf die Frage über die practische Anwendung des Elektromagnetismus eingehen. Unglücklicherweise kann ich hier weder von den Versuchen, die ich in einem sehr großen Maassstabe anstellte, noch von den Maschinen und verschiedenartigen Apparaten, die ich construirte, die Details angeben. Die Nothwendigkeit, die Thatsachen oder tangibeln Resultate zu vermehren, — eine um so dringendere Nothwendigkeit als die practischen Anwendungen dieser Kraft so sehr rasch sich vermehrten, — diese Nothwendigkeit, sage ich, hat mir nicht Zeit oder Muße genug zur Ausarbeitung und Anordnung derselben verstattet. Ich kann hier nur meine Bereitwilligkeit ausdrücken, jeden gewünschten Aufschluß über die Details zu geben. Besonders erwähnen will ich jedoch hier der genügenden Resultate von den im letzten Jahre gemachten Versuchen mit einem Boote von 28 Fufs Länge  $7\frac{1}{2}$  Fufs Breite und  $2\frac{3}{4}$  Fufs Tiefe im Wasser, welches 14 Personen trug, und auf der Newa mit einer Geschwindigkeit von  $2\frac{1}{4}$  engl. Meilen in der Stunde fortgetrieben wurde. Die Maschine, welche einen sehr kleinen Raum einnahm, wurde in Bewegung gesetzt durch eine Batterie von 64 Plattenpaaren, Zink und Platin, jede Platte von 36 Quadratzoll Oberfläche, und geladen nach Angabe des Hrn.

Grove mit Salpetersäure und Schwefelsäure <sup>1)</sup>. Obwohl diese Resultate vielleicht nicht die übertriebenen Erwartungen einiger Personen befriedigen mögen, so muß doch daran erinnert werden, daß im ersten Jahre, nämlich 1838, als ich dieses Boot durch dieselbe Maschine und eine mit Kupfervitriollösung geladene Batterie von 320 Plattenpaaren, jede Platte von 36 Quadratzoll, bewegte, nur die Hälfte dieser Geschwindigkeit erreicht wurde. Diese ungeheure Batterie nahm einen bedeutenden Raum ein, und die Handhabung derselben war äußerst beschwerlich. Richtige Veränderungen in der Vertheilung der Stäbe, in der Einrichtung des Commutators und zuletzt in den Principien der Volta'schen Batterie führten zu dem erfolgreichen Resultat des folgenden Jahres 1839. So fuhren wir auf der Newa mehr als einmal, den ganzen Tag über, theils mit, theils gegen den Strom, mit einer Gesellschaft von 12 bis 14 Personen, und mit einer Geschwindigkeit nicht geringer als die des ersten Dampfboots. Mehr, glaube ich, kann nicht von einer mechanischen Kraft erwartet werden, deren Daseyn erst seit 1834 bekannt ist, als ich die ersten Versuche in Königsberg machte, und es mir gelang durch eben diese elektro-magnetische Kraft ein Gewicht von etwa zwanzig Unzen zu heben.

Bei dieser Gelegenheit muß ich frei und ohne Rückhalt bekennen, daß bisher die Construction elektro-magnetischer Maschinen größtentheils nach bloßem Herumtappen geschah; daß selbst die Maschinen, welche in Bezug auf die statischen Effecte der Elektro-Magnete nach den aufgestellten unbestreitbaren Gesetzen construirt waren, unwirksam befunden wurden, sobald man ihnen Bewegung ertheilte. Immer gewohnt einen gerechtfertigten Gang zu gehen, konnten die unregelmäßigen Versuche, welche überall, ohne wissenschaftliche Begründung, unternommen wurden, mir nur Bedauern einflößen, und mich veranlassen, alle meine Kräfte auf die klare Ermittlung der Gesetze dieser merkwürdigen Maschinen

1) Ihre Kraft war gleich  $\frac{3}{4}$  bis 1 Pferdekraft.

zu richten. Ich gebe hier diese Gesetze in Formeln, welche mir scheinen sich selbst zu empfehlen sowohl durch deren Einfachheit, als durch die natürliche Weise, wie sie sich entwickeln.

Bezeichne  $R$  die sämtlichen mechanischen Widerstände, welche auf die Maschine einwirken, und  $v$  die gleichförmige Geschwindigkeit, mit welcher sie sich bewegt, so haben wir für die Kraft oder den mechanischen Effect den Ausdruck:

$$T = Rv.$$

Es sey nun  $n$  die Zahl der Umgänge des Schraubendrahts, welcher die Stäbe umgiebt,  $z$  die Zahl der Platten der Batterie,  $B$  der gesammte Widerstand der galvanischen Kette,  $E$  die elektro-motorische Kraft, und  $k$  ein Coëfficient, welcher von der Anordnung der Stäbe, dem Abstände der Pole und der Beschaffenheit des Eisens abhängt; dann haben wir für das *Maximum des mechanischen Effects*, welches erreicht wird, den Ausdruck:

$$\text{I. } T = \frac{z^2 E^2}{4 B k},$$

für die *Geschwindigkeit*, welche diesem Maximum entspricht:

$$\text{II. } v = \frac{B}{k n^2},$$

für den *Widerstand*, der auf die Maschine einwirkt:

$$\text{III. } R = \frac{n^2 z^2 E^2}{4 B^2},$$

und endlich für den *ökonomischen Effect*, d. h. für den Nutzeffect dividirt durch den Zinkverbrauch in einer gegebenen Zeit:

$$\text{IV. } O = \frac{E}{2k}.$$

Diese Formeln können in Worten so ausgedrückt werden:

I. Das Maximum des mechanischen Effects, wel-

ches mit einer Maschine erhalten werden kann, ist proportional dem Quadrat der Zahl von Volta'schen Elementen, multiplicirt mit dem Quadrat der elektro-motorischen Kraft und dividirt durch den gesammten Widerstand der Volta'schen Kette. Ueberdies tritt in die Formel ein Factor, mit  $k$  bezeichnet, der abhängt von der Beschaffenheit des Eisens, von der Form und Anordnung der Stäbe, und dem Abstände ihrer Enden. Mit Bezug auf einige andere Untersuchungen, die ich mit Volta'schen Combinationen unter ähnlichen Umständen angestellt habe, geht hieraus hervor, daß, bei gleichem Widerstande, der Gebrauch von Platin und Zink einen zwei oder drei Mal größeren Effect hervorbringt als der Gebrauch von Kupfer und Zink.

II. Weder die Zahl der Windungen des die Stäbe umgebenden Drahts, noch der Durchmesser oder die Länge der Stäbe selbst hat irgend einen Einfluß auf das Maximum der Kraft. Es folgt daraus also, daß weder durch Vergrößerung der Länge oder des Durchmessers der Stäbe noch durch Anwendung einer größeren Drahtmenge die Kraft erhöht werden kann. Es findet jedoch die Merkwürdigkeit dabei statt, daß die Anzahl der Windungen bloß deshalb aus der Formel verschwindet, weil die Kraft der Maschine im geraden Verhältniß, und die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältniß des Quadrates dieser Anzahl steht. Die Anzahl der Windungen, die Dimensionen der Stäbe und die übrigen Bestandtheile der elektro-magnetischen Maschine müssen demnach betrachtet werden als von gleichem Range mit den gewöhnlichen Mechanismen, welche zur Uebertragung oder Fortführung der Geschwindigkeit dienen, ohne die Totalarbeit zu erhöhen. So wäre es möglich, statt des gewöhnlichen Räderwerks, Stäbe von größerer oder geringerer Länge, oder eine größere oder geringere Drahtmenge anzuwenden, um zwischen der Kraft und der Geschwin-

schwindigkeit die Beziehung herzustellen, welche die Anwendungen auf Fabrikprocesse erfordern mögen.

III. Die mittlere Anziehung von Magnetstäben oder der Druck, den die Maschine ausüben kann, ist proportional dem Quadrat des Stroms. Dieser Druck wird vom Galvanometer angezeigt, welches in dieser Weise die Function des Manometers der Dampfmaschinen verrichtet.

IV. Der ökonomische Effect, d. h. die Totalarbeit, dividirt durch den Zinkverbrauch, ist eine constante Gröfse, welche am einfachsten durch die Relation zwischen der elektro-motorischen Kraft und dem zuvor erwähnten Factor  $k$  ausgedrückt wird. Ich wiederhole hier, was ich anderswo gesagt, dafs bei Anwendung von Platin statt Kupfer die theoretischen Ausgaben nahe im Verhältnifs 23 zu 14 verringert werden.

V. Der Zinkverbrauch, welcher stattfindet, wenn die Maschine in Ruhe ist und gar nicht arbeitet, ist das Doppelte von dem, welcher stattfindet, wenn sie das Maximum ihrer Arbeit hervorbringt.

Ich halte es nicht für sehr schwierig die Leistung eines Pfundes Zink, bei seiner Umwandlung in Sulfat, mit Genauigkeit zu bestimmen, in derselben Weise wie bei der Dampfmaschine die Leistung eines Bushels Steinkohle als Maafs zur Schätzung des Effectes verschiedener Combinationen dient. Der fernere Nutzen und Gebrauch der elektro-magnetischen Maschinen scheint mir ganz sicher zu seyn, besonders da das blofse Probiren und die vagen Ideen, welche bisher bei der Construction dieser Maschinen vorwalteten, nun endlich zu genauen und bestimmten Gesetzen geführt haben, die den allgemeinen Gesetzen gemäß sind, welche die Natur streng zu befolgen gewohnt ist, sobald es sich um Effecte und deren Ursachen handelt.



N a c h t r a g <sup>1</sup>).

In meinem »*Mémoire sur l'application de l'Electro-magnétisme etc.* (1835)« hatte ich zuerst wahrgenommen, daß die gleichförmige Geschwindigkeit, welche diese Maschinen erlangen, größtentheils den magneto-elektrischen Strömen zuzuschreiben sey, welche durch die Bewegung selbst, im entgegengesetzten Sinne der ursprünglichen galvanischen Ströme hervorgerufen werden. Diese magneto-elektrischen Gegenströme schwächen zwar den Magnetismus, reagiren aber zugleich auf die elektrolytische Thätigkeit der Batterie, so daß während des Ganges der Maschine ein geringerer Zinkverbrauch stattfindet als während der Bewegung. Diese Phänomene, obgleich sie zuerst sehr auffallend erscheinen, sind indess die Ursache, daß diese Maschinen eben so einfachen und definitiven Gesetzen unterworfen sind, als alle andere durch die gewöhnlichen Triebkräfte activirten. Eine große Menge von Beobachtungen, welche ich über die mechanische Arbeit einer elektro-magnetischen Maschine unter steter Berücksichtigung der Stromstärke angestellt hatte, welche letztere durch eine Tangentenbussole gemessen wurde, boten mir anfänglich nur, ein kaum zu entwirrendes Labyrinth dar. Man weiß, daß bei jeder Maschine, zwischen der Kraft und der Geschwindigkeit, ein gewisses Verhältniß stattfindet, welches dem Maximo der Arbeit entspricht. Dieses findet auch bei den elektro-magnetischen Maschinen statt, und es sind gerade diese Maxima, bei denen diese Gesetzmäßigkeit am entschiedensten hervortritt.

Es sey  $F$  und  $F'$  die Stärke des Stromes respective bei der Ruhe und bei der Bewegung,  $G$  der Gegenstrom, so hat man:

$$I. \quad F - G = F'.$$

Nach den theils von uns, theils von Andern angestell-

1) Mitgetheilt vom Hrn. Prof. Jacobi.

ten Versuchen verhält sich die elektro-motorische Kraft der magneto-elektrischen Ströme, also auch dieser Gegenströme, wie die magnetische Intensität der Eisenstangen, wie die Anzahl der Windungen und wie die Geschwindigkeit des Systems, welcher die Anzahl der Impulse proportional ist, die in einer gegebenen Zeit statt haben. Ist daher nach der obigen Bezeichnung die magnetische Intensität  $M' = n F'$ , so hat man hier die Stärke des Gegenstromes:

$$\text{II. } G = \frac{k M' v n}{B} = \frac{k F' v n^2}{B}$$

und für die Stärke des Stromes, welcher während der Bewegung stattfindet:

$$\text{III. } F' = F - G = \frac{B F}{k n^2 v + B} = \frac{z E}{k n^2 v + B}$$

indem:

$$F = \frac{z E}{B}$$

Die magnetische Intensität während der Bewegung ist daher:

$$\text{IV. } M' = n F' = \frac{n z E}{k n^2 v + B}$$

Wenn die Maschine sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt, so muß die Summe sämtlicher Widerstände, also z. B.:

der Widerstand der Luft, Reibung u. s. w., gleich seyn der Summe sämtlicher activen Kräfte. Letztere sind hier die mittleren magnetischen Anziehungen und Abstossungen, welche sich wie die Producte aus den magnetischen Intensitäten des festen und des beweglichen Systems verhalten. Diese Intensitäten sind bei meinen Maschinen gewöhnlich gleich, da der Strom die Drähte des festen und beweglichen Systems hinter einander durchläuft und alle Stangen eine gleiche Anzahl Windungen haben. Wir haben also  $M' M' = M'^2 = R$ .

Die Totalarbeit  $T$  ist das Product aus dem Widerstande in die Geschwindigkeit, oder:

$$\text{V. } T = \nu R = \nu M'^2,$$

oder mit Rücksicht auf die Formel IV:

$$\text{VI. } T = \frac{n z E \sqrt{R} - B R}{k n^2} = \frac{\nu n^2 z^2 E^2}{(k n^2 \nu + B)^2}.$$

Hieraus findet man nun die oben angegebenen Formeln, wenn man die Werthe von  $R$  und  $\nu$  sucht, welche dem Maximo der Arbeit oder dem  $T_m$  entsprechen.

Es ist hinzuzufügen, daß diese Formeln modificirt werden durch den Umstand, daß das Eisen seine magnetische Intensität nicht instantan erlangen kann, und daß es dazu einer gewissen Zeit bedarf, die von der Stärke dieser Intensität, und besonders von der Qualität des Eisens abhängt. Diese Umstände theoretisch in Rechnung bringen zu können, ist aber vorläufig keine Aussicht vorhanden.

Berlin, den 11. November 1840.

H. W. Jacobi.

#### IV. *Vermischte Nachrichten von neuen elektromagnetischen Vorrichtungen und Beobachtungen aus dem Gebiete des Galvanismus.*

(Briefliche Mittheilung von Dr. F. Mohr in Coblenz.)

— Fast in jedem der letzten Jahre wurde die Wissenschaft von England aus mit einer neuen elektrischen Batterie beschenkt. Die letzte ist bekanntlich jene aus Gußeisen und Zink. Eine solche Batterie aus 8 Elementen sah ich, bei meiner neulichen Anwesenheit in England, in der Victoria-Gallerie zu Manchester, wo der bekannte Entdecker der Elektromagnete, Hr. Sturgeon, Vorlesungen hält. Sie bestand aus acht gußeisernen cylindri-

schen Gefäßen von etwa 10 Zoll Höhe und 3 Zoll Durchmesser; durch einen dicken kupfernen Draht ist dieser Topf mit einem gegossenen Cylinder aus Zink fest und unbeweglich durch Löthung verbunden. Wegen der bedeutenden Schwere des gusseisernen Topfes schwebt der Zink in freier Luft, ohne daß das Ganze umfällt, und man hat bei der Zusammenstellung der Säule nur die Sorge zu tragen, daß die Zinkcylinder die Wände des gusseisernen Gefäßes nicht berühren. Es ist alsdann keine Trennung durch Pappe oder Holz nöthig. Bequem ist es jedenfalls, den Zinkcylinder in einen gedrehten hölzernen Ring zu stecken, wodurch sowohl die Berührung des Bodens als der Wände vermieden wird. Das Zink ist amalgamirt, und die Säure ist Schwefelsäure mit dem 8fachen Gewichte Wasser verdünnt. Diese Säure ist freilich so stark, daß sie selbst das amalgamirte Zink chemisch angreift, und dadurch eine bedeutende Entwicklung von Wasserstoffgas hervorbringt. Hr. Sturgeon bedeckt deshalb den ganzen Apparat mit einem Kasten und führt das Gas nach außen durch eine Röhre ab. Die Wirkung dieser Säule war sehr befriedigend. Ein 6 bis 8 Zoll langer, ziemlich dicker Platindraht wurde heftig glühend, und schmolz zuweilen ab; die Wasserzersetzung betrug 4 bis 5 Kubikzoll in der Minute. Obschon die Säule nicht constant ist, so hält sie doch länger an, als eine gemeine Säule aus Kupfer und Zink. Spencer glaubt bemerkt zu haben, daß diese Säule am stärksten wirkt, wenn sie mit Rost bedeckt ist, ohne welchen Umstand sie in der That schwach wäre. Hr. Sturgeon hat hierüber nichts bestimmtes geäußert.

Am meisten findet man überall Daniell's constante Batterie in Gunst stehen, weil sie lange gleichmäfsig wirkt und keine Gase entwickelt. Grove's Batterie, obschon sie im kleinsten Raum die wirksamste ist, wird dennoch von Vielen hintenangesetzt. Ihre Wirkung ist mit einer sehr starken und unangenehmen Gasentwicklung verbun-

den, und dauert nie sehr lange, weil concentrirte Salpetersäure dabei wirksam seyn muß, während Daniell's Batterie bis zum Niederschlagen alles Kupfers wirksam bleibt. Die Grove'sche Batterie soll auch häufig die Unannehmlichkeit der Endosmose zeigen, daß nämlich die Flüssigkeit innerhalb einer Zelle steigt und außerhalb sinkt.

Außerdem ist die Anschaffung der Grove'schen Batterie ungleich kostbarer, nachdem Spencer gezeigt hat, wie man eine Daniell'sche Batterie ohne alles metallisches Kupfer construiren kann. Dieses ist eine der schönsten und nützlichsten Einrichtungen, verbunden mit großer Wohlfeilheit. Spencer nimmt das Blei aus chinesischen Theekisten oder anderes dünnes Tabacksblei und faltet es sternförmig, so daß, wenn es aufrecht steht, es einen gerippten Cylinder vorstellt, im Querschnitt etwa wie Fig. 4 Taf. II. Diese Gestalt bietet im selben Raume die doppelte Oberfläche des negativen Metalles dar. Dieser Bleicylinder wird in ein gläsernes oder porcellanes Gefäß gestellt, in ihn selbst der Thoncyylinder und in diesen das Zink des folgenden Elementes, und so die übrigen. Der Bleicylinder steht in schwefelsaurer Kupferoxydlösung, und überzieht sich deshalb bei der galvanischen Schließung der Kette schnell mit Kupfer, so daß er nach einigem Gebrauche eine eben so große und gestaltete Kupferplatte darstellt, und deren Stelle auch beständig vertreten kann. Es ist bekannt, daß die Platten in der constanten Batterie beständig an Dicke wachsen, und dadurch zuletzt unbequem werden können. Man hat hier denselben Verbrauch an Kupfervitriol wie bei der bekannten Batterie von Daniell; allein keine Anschaffung von metallischem Kupfer, welches allmählig durch den Gebrauch gebildet wird.

Was nun die porösen Zwischenwände betrifft, so sind diese zwar ein unentbehrlicher, aber auch sehr un-

angenehmer Bestandtheil der constanten Batterie. Bei Grove's Säule kann man nur gebrannte Thoncylinder gebrauchen, dagegen bei Daniell's Batterie verschiedene Substanzen. Die von Daniell vorgeschlagenen Ochsenurgeln sind allgemein perhorrescirt worden, und in der That auch sehr widerlich bei der Behandlung. Blasen und Därme wirken am vollkommensten chemisch trennend; sie sind fast gar nicht im Gebrauch wegen ihrer Zerstörbarkeit. Thönerne Cylinder haben fast immer den Fehler, daß sie filtriren, und daß, wenn Kupfervitriol zum Zink gelangt, dieses Metall auf eine schädliche Weise beschmutzt und zerstört wird. Spencer hat Cylinder von dickem braunen Packpapier in Anwendung gebracht, welche eben so wohlfeil, dauerhaft und leicht darzustellen seyn sollen. Man verschaffe sich einen hölzernen Cylinder von der Dicke der darzustellenden Zelle, und ein dünnes Stück Holz von demselben Durchmesser, äußerlich mit einer eingedrehten Rinne versehen. Nun schneide man das passende Stück Papier ab, wickle es um den Cylinder und Boden herum, verkitte die überragenden Enden mit Siegelack, welches durch Darauflegen eines heißen Eisens noch einmal in der ganzen Länge zum Schmelzen gebracht wird, und befestige den hölzernen Boden durch Umschnüren gewöhnlichen Bindfadens. Wenn das dazu verwendete Papier die passende Dicke, Stärke und Dichtheit besitzt, so stehen diese Cylinder ganz aufrecht, wenn sie mit Flüssigkeit gefüllt sind, und halten mehrere Jahre lang aus. Als innere Flüssigkeit wendet Spencer eine Lösung von Zinkvitriol oder Glaubersalz an. Kochsalz ist bekanntlich auch gut.

Die Batterie von Smee, worin Silber mit darauf galvanisch abgesetztem Platin an der Stelle der reinen Platinplatte in der Grove'schen Zusammenstellung angewendet wird, hat keinen Beifall gefunden. Das Pla-

tin haftet nur im pulvrigen Zustande darauf, und das Silber wird immer von der Salpetersäure angegriffen. Es ist eine fehlgeschlagene Oeconomie.

Spencer hat noch eine sehr schöne Methode entdeckt, den galvanischen Kupferniederschlag auf Substanzen aller Art absetzen zu lassen. Es handelt sich bekanntlich nur darum, die Oberfläche dieser Körper in einen Leiter zu verwandeln, ohne daß dieselbe in der Form eine Veränderung erleidet.

Der Graphitüberzug ist nicht überall gut anzubringen. Spencer befeuchtet die zu copirenden Objecte, wie Holzschnitte, Pasten, Gypsabgüsse, Thonwaaren, mit einer Auflösung von salpetersaurem Silber und hängt sie in einer Glasglocke über eine Schale auf, worin sich eine Auflösung von Phosphor in Aether oder Terpenthinöl befindet. Diese Schale wird in etwas warmen Sand gesetzt. Durch die Dämpfe dieser Flüssigkeit wird das Silbersalz reducirt, und es überzieht sich die Oberfläche mit einer Lage metallischen Silbers, auf welche sich das Kupfer eben so gut galvanisch absetzt, wie auf reines Kupfer oder Silber. Diese Operation kann in wenigen Minuten mit bestimmtem Erfolge ausgeführt werden. Eine Lösung von Goldchlorid soll auch anwendbar seyn, eben so, zum Reduciren, schwefligsaures Gas.

In der Victoria-Gallerie zu Manchester sahen wir noch zwei höchst merkwürdige Elektromagnete von ganz neuer Gestalt. Der Erfinder derselben ist Hr. J. B. Joule, zu Salford, bei Manchester. Man denke sich einen massiven Cylinder von etwa  $2\frac{1}{2}$  Zoll Dicke und 8 bis 10 Zoll Länge. Durch denselben wird in der Axe ein Loch von  $\frac{3}{4}$  Zoll Weite gebohrt, und nun ein Sägeschnitt dicht am Rande der Bohrung, der Länge nach, durchgeführt, so daß dieselbe in ihrer ganzen Länge einen etwa  $\frac{1}{2}$  Zoll weiten Spalt darbietet. Diese beiden Stücke bilden, wenn ihre Schnittflächen gehörig geebnet und geschliffen sind, den Elektromagneten sammt seinem Anker (Fig. 5 Taf. II).

Jedes derselben ist mit drei eingeschraubten Haken versehen, wodurch man diesen langen und dicken Elektromagneten horizontal aufhängen, und an dem Anker einen horizontalen Zug hervorbringen kann. Die 2 Lin. dicken kupfernen Leitungsdrähte sind der Länge nach über den Elektromagneten und durch die in ihm befindliche Rinne gewickelt. Die Anzahl der Windungen ist durch den engen Raum im Innern des Elektromagneten beschränkt, weil sie wegen des Ankers nicht darüber hervorragen dürfen.

Ich schätze das Gewicht dieses Elektromagneten, aus dem Gedächtnisse, auf 12 bis 14 Pfund, und er trug, nach Angabe des Hrn. Sturgeon, mit der oben beschriebenen Zinkeisen-Batterie erregt, 20 Centner. Es ist einleuchtend, daß der erregende Draht wegen seiner grossen Nähe an dem Anker auch auf diesen kräftig erregend wirken muß, und man kann sich den ganzen Apparat als eine Menge kleiner neben einander geordneter Elektromagnete versinnlichen. Ein anderer, nach demselben Principe construirter Elektromagnet war noch merkwürdiger, indem dabei nur eine einzige Drahtwindung angebracht war.

Die Länge des Cylinders und des Ankers betrug 2 Fufs, die Füße des Hufeisens waren also auch 2 Fufs lang, ferner  $\frac{1}{2}$  Zoll breit, mit kaum  $\frac{1}{2}$  Zoll Zwischenraum. 12 Haken waren am Hufeisen, welches freilich nur auf der Stirne diese Form zeigte, und eben so viele am Anker angebracht, um die horizontale Aufhängung und Belastung zu effectuiren. Ein fünf Lin. dicker Kupferdraht war zuerst aufserhalb am Cylinder, dann zurück durch seine Mitte, und nun nochmals auf der andern Seite aufserhalb geführt. Von unten gesehen und im Querschnitt erblickt man diesen Elektromagnet in Fig. 6 und 7 Taf. II abgebildet.

Das Gewicht des Elektromagnet, ohne den Kupferdraht betrug 6 Pfund 11 Unzen, der Anker wog 3 Pfund



7 Unzen, die Berührungsfläche zwischen Anker und Elektromagnet  $10\frac{1}{2}$  Quadratzoll, und die Tragekraft mit der eben genannten Batterie 12 Centner. Diese Wirkung ist bei der geringen Masse des Eisens und einer einzigen Drahtwindung höchst überraschend.

Coblenz, den 1. Nov. 1840.

### Z u s a t z.

Zur Vervollständigung obiger Briefnachrichten möge noch Folgendes hinzugefügt seyn.

Nach eigener Angabe des Hrn. Joule (*Annal. of Electricity, Vol. V p. 187*) ist der Eisencylinder, welcher den in Fig. 5 Taf. II abgebildeten Elektromagneten bildet, 8 Zoll engl. lang, und längs seiner Axe mit einem Loch von 1,0 Zoll Durchmesser versehen. Er ist, parallel der Axe, so weit abgeschnitten, daß die Pole  $\frac{1}{8}$  Zoll von einander stehen, und darauf auf der Schnittfläche wohl geebnet. Dann ist ein anderes Stück weiches Eisen, von gleicher Länge mit dem Cylinder, auf der einen Seite eben geschliffen, daran gelegt, und nun das Ganze von aussen abgedreht. Die Umwindung besteht aus vier mit Seide besponnenen Kupferdrähten von  $\frac{1}{11}$  Zoll Durchmesser und 23 Fufs Länge, die, neben einander gelegt, mit Calico umwickelt sind. Hr. J. wählt vier Drähte statt eines einzigen von vierfachem Querschnitt, weil er gefunden haben will, daß sie einen stärkeren Magnetismus erregen, als ein solcher. Das Gewicht des (Magnet und Anker?) beträgt 15 Pfund. Das Maximum der Tragkraft, gemessen mit einer Hebelvorrichtung, ergab sich zu 2030 Pfund, und zwar mittelst des Stroms einer Zink-Eisenkette, der, seiner Angabe nach, 324 Gran Wasser in einer Stunde zerlegt haben würde.

Später (*Ann. of Electr. Vol. V p. 471*), als Hr. J., statt der angegebenen Umwindung eine andere, bestehend aus 21 Kupferdrähten von  $\frac{1}{15}$  Zoll Durchmesser und

23 Fufs Länge, neben einander gelegt, anwandte, und durch sie den Strom einer gröfseren Kette leitete (Zink und gusseiserne Cylinder, 16 Paar, jeder Cylinder von 1 Quadratfufs Fläche, und Schwefelsäure als Flüssigkeit) stieg das Maximum der Tragkraft auf 2775 Pfund, wiewohl der ganze Apparat (Magnet, Anker, Umwindung) nur 26 Pfund wog.

Hr. J. hat versucht, das erstgenannte Maximum dieses Magneten zu vergleichen mit dem Maximum der Tragkräfte von vier anderen, gewöhnlich geformten Elektromagneten (deren kleinster aus einem halbkreisförmig gebogenen Eisendraht von 0,25 Zoll Länge und 0,04 Zoll Dicke gebildet war) und dabei gefunden, dafs die spezifische Tragkraft, d. h. die absolute, dividirt durch die Fläche der Pole, keineswegs bei dem grofsen Magneten am stärksten war <sup>1)</sup>. Er theilt darüber Zahlen mit, die indess, wegen Ungleichheit der Elemente (Stromstärke, Drahtlänge, Zahl der Windungen etc.) nicht vergleichbar sind.

Was den in Fig. 6 Taf. II abgebildeten Magneten betrifft, so werden die Dimensionen desselben von Hrn. J. nahezu, so angegeben, wie es von Hrn. Dr. Mohr geschehen ist. Von der Tragkraft heifst es indess, dafs sie, als der Strom, statt durch Einen Kupferdraht von  $\frac{3}{8}$  Zoll Durchmesser, durch 60 eben so lange Drähte von  $\frac{1}{25}$  Zoll Durchmesser geleitet worden, von 1350 auf 1856 Pfund gestiegen sey. Die spezifische Tragkraft dieses Magneten war auch kleiner als die des anderen, wie es auch nicht anders seyn konnte. Der Strom war der der erwähnten Zink-Eisenkette von 16 Elementen, combinirt zu zwei.

---

Anlangend Herrn A. Smee, so ist seine Batterie (*„chemico-mechanical“ Battery etc.*) das Resultat einer

1) Was auch mit den genaueren Bestimmungen des Hrn. Prof. Jacobi (S. 361 dieses Hefts) übereinkommt; abgesehen davon, dafs die Tragkraft nicht dem Querschnitt, sondern dem Durchmesser eines Stabes proportional ist.

Reihe von Versuchen (beschrieben in den *Phil. Mag. Vol. XVI p. 315*), durch welche er den (aber keineswegs, wie Hr. S. glaubt, bisher unbekannten) Einfluß der Oberflächen-Beschaffenheit der Platten nachzuweisen sich bemüht. Die Beobachtung, daß Platinschwamm, mit Zink combinirt, einen starken Strom giebt, veranlafte ihn, glattes Platin und andere Substanzen (Palladium, Silber, Kupfer, plattirtes Kupfer, Nickel, Neusilber, Messing, Zinn, Gufseisen, Eisenblech, Stahl, Steinkohle u. s. w.) mit gepülvertem Platin zu überziehen, und zwar auf die Weise, daß er eine solche, als negative Platte dienende Substanz in ein Gemisch von verdünnter Schwefelsäure und etwas Platinlösung bringt und mit amalgamirtem Zink verbindet, das, innerhalb einer mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Thonröhre stehend, in dasselbe Gemisch gestellt ist. Der galvanische Strom, der dann entsteht, schlägt Platin in fein zertheiltem Zustand auf die negative Platte nieder. Da das so gefällte Platin nur sehr lose an der negativen Platte haftet, so macht Hr. S. dieselbe zuvor rauh, beim Platin auf mechanischem Wege, beim Silber, Kupfer u. s. w. durch vorheriges Aetzen mit Salpetersäure, ein Verfahren, das, wie oben erwähnt, seinen Zweck auch nur unvollständig erreicht. Die größte Wirkung erhielt Hr. S. von dem auf diese Weise platinirten Platin; es gab, combinirt mit Zink und verdünnter Säure, einen 5 Mal stärkeren Strom als geglühtes Platin, und einen 30 Mal stärkeren als gewöhnliches Platin, unter denselben Umständen. Auch Silber, und besonders Palladium, auf ähnliche Weise auf andere Metalle niedergeschlagen, verstärkte die Intensität des Stroms.

---

Hr. Sturgeon hat seine Batterie in den von ihm herausgegebenen *Annals of Electricity, Vol. V p. 66* und 121 näher beschrieben, daselbst auch deren Wirksamkeit verglichen mit der von anderen Batterien. Seiner

Angabe nach liefern bei gleicher Plattengröße (104 Quadratzoll) 10 Plattenpaare der Batterie von

Sturgeon	25	Kbzll.	Wasserstoffgas	in 1 Minute
Grove	24	-	-	- - -
Smee	15	-	-	- - -
Daniell	12	-	-	- - -

so daß also die Zink-Gulfeisenkette den Vorzug vor allen bekannten Ketten hätte. Ob dem wirklich so sey, darüber können aus mehr als einem Grunde die von Hrn. St. angestellten Messungen nicht entscheiden, da sie (was leider von vielen in England gemachten Untersuchungen der Art gilt) ohne alle Kenntniß der Gesetze des Galvanismus ausgeführt sind <sup>1</sup>). P.

---

*V. Ueber eine vortheilhafte Construction der Grove'schen Kette; von C. A. Grüel in Berlin.*

---

Die Annalen haben uns vor Kurzem mit der Einrichtung der Grove'schen Zink-Platinplatte bekannt gemacht. Es giebt wohl im Bereich der ganzen Physik wenige, die Mühe des Experimentators schlechter belohnende Werkzeuge, als die bisher gebrauchten galvanischen Apparate, sie mögen nun heißen: Calorimotoren, Siderophore, Säulen, Trogapparate etc.; nichts Langweiligeres, als das Putzen, Scheuern und Erneuen der Erregerplatten, und des feuchten oder flüssigen Leiters, um sie zu einem neuen Versuch geschickt zu machen, welcher, wenn man nicht mit grofsartigen Mitteln operiren will, nur die Wahl gestattet zwischen einer kurzen kräftigen oder einer länger dauernden, aber immer sehr schwachen Wirkung; gern liesse man sich noch den 6fachen Zinkverbrauch

1) Ich selbst hatte mich, schon ehe mir Sturgeon's Aufsatz bekannt war, von der grofsen Wirksamkeit des Gulfeisens überzeugt, und hoffe in einiger Zeit Näheres darüber bekannt zu machen. P.

gefallen, wenn dadurch der erwähnte Mangel zu beseitigen wäre.

Um so freudiger muß man durch den kleinsten Versuch mit der Grove'schen Kette überrascht werden, für deren Entdeckung man dem Erfinder nur Dank wissen kann.

Wenn es scheint, als ob dieser Versuch noch nicht so vielseitig angestellt wurde, als er es verdient, so liegt dieß wahrscheinlich, wohl einerseits an dem theuren Preis des Platins, andererseits an dem gleich im Voraus gerügten Uebelstand der während längerer Dauer der galvanischen Action sich entwickelnden Dämpfe von salpetriger Säure <sup>1)</sup>. Es hat jedoch mit diesen beiden Hindernissen nicht so viel auf sich. Das Platin bleibt ganz unversehrt, behält seinen vollen Werth und belohnt sich durch die Einfachheit der ganzen Einrichtung, die nicht mehr kostet als ein Calorimotor. Es kann auch mit derselben Wirkung und mit Leichtigkeit erneuert werden, wenn alles Zink verbraucht ist, und die salpetrigsauren Dämpfe lassen sich in dem Grade vermeiden, daß sie nicht im Geringsten lästig fallen.

Ich liefs mir zu meinen Versuchen ein kleines cylindrisches, dünnwandiges Gefäß von gewöhnlichem Pfeifenthon anfertigen, brachte innerhalb desselben das Platinblech, in einen Ring gebogen, so an, daß sich dasselbe überall an die Wände des Gefäßes anlegte, bog dann das Zinkblech so, daß es die Außenseite des Thons in geringem Abstände umgab, setzte diese Vorrichtung in ein gewöhnliches Trinkglas, und goß die nöthigen Flüssigkeiten zum Platin und zum Zink. Diese aus concentrischen Ringen bestehende Kette lieferte vollkommen die Wirkung eines grossen Calorimotors; doch schon nach

1) Zum Theil auch daran, daß man sich die zur Aufnahme dieser Säure erforderlichen porösen Gefäße nicht zu verschaffen wußte. In Berlin kann man jetzt dieselben sehr dünn und regelmässig geformt von Pfeifenthon erhalten.

wenigen Minuten hatte sich die dünne Schicht Salpetersäure zwischen dem Platin und Thon dergestalt erhitzt, daß sie in vollständigem Kochen unerträgliche Dämpfe ausstiefs und die Kette entleert werden mußte. Die Salpetersäure im mittleren Raum blieb kalt; jedenfalls blieb sie, wie auch die innere Seite des Platinringes, ausgeschlossen und ohne Antheil an der erlangten galvanischen Wirkung. Um nun die unzweckmäßige dünne Säure-schicht zu vermeiden, gleichzeitig aber auch eine möglichst große Platinfläche nutzbar zu machen, zerschnitt ich das Blech in zwei Streifen von der Breite des Durchmessers des Gefäßes, und fügte sie mittelst zweier Einschnitte (Fig. 8 Taf. II) nach ihrer Längenrichtung so in einander, daß sie sich in ihrem Mittelpunkte rechtwinklich durchkreuzten. Als Leitungsdraht steckte ich oben am Kreuzungspunkte ein ebenfalls entsprechendes, am Ende eingesägtes Endchen dicken Kupferdrahts mit Quecksilberpfanne auf. Der Apparat hatte nun die Form der Fig. 9 Taf. II, wo der äußere Kreis das Glas, der folgende das Zink, der innere das Thongefäß und das Kreuz das Platin vorstellt; er wirkte vortrefflich und mehrere Stunden ohne alle Gasentwicklung, ohne Schwächung des Stroms, selbst als die Salpetersäure sich schon dunkelgrün gefärbt hatte. Der Physiker gewinnt dadurch einen Apparat, der ihn bei seinen elektro-magnetischen und magneto-elektrischen Experimenten niemals im Stiche läßt, und wird sich nicht mehr zur Anwendung der früheren Vexirkette bewogen fühlen. Da eine bestimmte Zinkfläche im Stande ist eine verhältnißmäßig sehr große Platinfläche in den Erregungszustand zu versetzen, so wird es bei größeren Ketten von der beschriebenen Einrichtung zweckmäßig seyn, das elektro-negative Platin durch Einführung eines dritten Streifens dieses Metalls in seiner Oberfläche zu vermehren; diese drei Bleche würden sich dann in ihren Durchkreuzungspunkten in Winkeln von  $60^\circ$  schneiden. Es ist anzurathen das Zink-

blech erst nach geschehener richtiger Biegung zu amalgamiren, da es sonst leicht Brüche bekommt.

Die Grove'sche Kette gestattet uns die Anschauung der glänzenden enormen Wirkung, als ein Resultat von der Auflösung einer unbedeutenden Quantität Zink in einer Säure und der bei diesem Proceß in Freiheit gesetzten Elektricität. Möchte es doch gelingen, mit Hülfe noch anderer Combinationen nicht bloß einen Theil, wie hierbei, sondern die ganze Menge der abgeschiedenen Elektricität zur Erscheinung zu bringen und nutzbar zu machen, welchem Ziel wir wenigstens um einen kleinen Schritt näher gekommen zu seyn scheinen.

---

**VI. *Ueber die Mittel, dem Strom der galvanischen Ketten mit Einer Flüssigkeit eine größere Stärke und Beständigkeit zu verleihen;***  
*von J. C. Poggendorff.*

(Vorläufige Notiz aus den Berichten der K. Preuss. Academie.)

Unstreitig liegt das bedeutendste Hinderniß für die weitere Ausbildung der Theorie des Galvanismus in der großen Wandelbarkeit des Stroms der hydro-elektrischen Ketten, und dieß Hinderniß wird durch die in neuerer Zeit angewandten Combinationen mit zwei Flüssigkeiten nur zum Theil gehoben, da bei einer solchen Anordnung verschiedene interessante Punkte der Theorie sich nicht mehr untersuchen lassen. Dieß ist namentlich der Fall bei der Frage über die elektro-motorischen Kräfte verschiedener Metall-Combinationen in einer gleichen Flüssigkeit.

Der Verf., beschäftigt mit einer vergleichenden Untersuchung der Zink-Kupfer- und Zink-Eisen-Kette, sah sich aus diesem Grunde genöthigt, auf Mittel zu denken, de-

den so ungemein veränderlichen Strömen dieser Ketten eine größere Beständigkeit zu geben. Im Laufe der deshalb angestellten Versuche machte er mehrfach die Erfahrung, daß, unter anscheinend völlig gleichen Umständen, sowohl der anfängliche Werth der Stromstärke, als auch die späteren Veränderungen desselben sehr verschieden sind, und daß namentlich die Abnahme der Stromstärke keineswegs in einem geraden Verhältniß zu dieser Stärke steht, wie es doch scheint der Fall seyn zu müssen, wenn diese Abnahme hauptsächlich oder allein von einer Ablagerung materieller Theilchen auf die negative Platte der Kette herrührte. Sehr oft sah er z. B. einen ursprünglich starken Strom nur langsam abnehmen, während ein schwacher selbst die geringe Stärke, die er besaß, sehr rasch verlor.

Aus dieser Erfahrung schöpfte er die Hoffnung, daß es, auch für Ketten mit Einer Flüssigkeit, Mittel zur längeren Bewahrung ihrer elektromotorischen Kraft geben müsse; und diese Hoffnung sah er denn auch nach vielen vergeblichen Versuchen (die nur die Schädlichkeit des Scheuerns der negativen Platte mit Sand und Säure als positives Resultat ergaben) in der That wenigstens zum Theil verwirklicht.

Für das Kupfer fand er solcher Mittel bisher vier auf, nämlich: 1) Erhitzen desselben an der Luft bis zum Verschwinden der anfangs erscheinenden Farben. 2) Eintauchen in Salpetersäure und sofortiges Abspülen in Wasser <sup>1)</sup>. 3) Bekleiden mit einem Ueberzug von gefällttem, pulverförmigem Kupfer, wie man solchen, von braunrother Farbe mittelst der Daniell'schen Kette bekommt, sobald die Lösung des Kupfervitriols verdünnt ist und freie Säure enthält. 4) Bekleiden mit dem ähnlichen Ueberzug, der sich bildet, wenn man Kupferplatten, in Schwefelsäure von gewisser Verdünnung stehend, der Wirkung

1) Die Stärke des Stroms wird dadurch immer erhöht, seine Beständigkeit aber nur unter gewissen Umständen.



**des hin- und hergehenden Stroms der Saxton'schen Maschine aussetzt.**

**Diese Mittel, richtig angewandt, geben dem Strom einer Kupferplatte, combinirt mit amalgamirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure, nicht nur eine größere Beständigkeit, sondern auch eine höhere Stärke als er in derselben Flüssigkeit mit einer Kupferplatte besitzt, die nicht einer dieser Operationen unterworfen ward; ja, was merkwürdig ist, bei allen nimmt die Stromstärke eine geraume Zeit zu (meistens eine halbe Stunde und länger), ehe sie ihr Maximum erreicht, auf welchem sie dann mehr oder weniger lang verweilt, und darauf sehr allmählig abnimmt, so daß die Schwächung für die Praxis, oft nach mehren Stunden, von gar keiner Bedeutung ist, und immer so langsam erfolgt, um eine Messung der elektromotorischen Kraft und des Widerstands mit befriedigender Genauigkeit vornehmen zu können.**

**Es muß jedoch bemerkt werden, daß es bis jetzt dem Verfasser nicht geglückt ist, Platten, von übrigens gleicher Beschaffenheit, immer einen und denselben Grad von Wirksamkeit zu geben, und daß eben so die höhere Beständigkeit, welche die Stromstärke auf diese Weise erlangt, nur so lange sich erhält, als man an der Kette nichts ändert. Sobald man den Widerstand beträchtlich abändert, z. B. den Schließungsdraht bedeutend verlängert (versteht sich ohne dabei die Kette zu öffnen), findet sich, nachdem man zu dem früheren Widerstand zurückgegangen ist, die Stromstärke ganz in der Regel verändert, und zwar meistens geschwächt; ein Umstand, der sich bei Ketten mit zwei Flüssigkeiten, z. B. der Daniell'schen Kette, nicht zeigt.**

**Die angegebenen Mittel sind, zum Theil, auch auf das Eisen und andere als negative Elemente dienende Metalle anwendbar (wie denn der Verf. z. B. mit Gußeisen, combinirt mit amalgamirtem Zink und verdünnter Schwefelsäure, auf solche Weise einen Strom erhielt,**

der nicht nur fast drei Mal so stark als der einer Zink-Kupferkette war, sondern über anderthalb Stunden lang eine fast vollkommene Constanz besaß), wovon der Verfasser künftig das Nähere mittheilen wird. Die Oberflächen-Beschaffenheit des Zinks oder überhaupt des positiven Metalls hat, wie es auch schon längst bekannt ist, nur einen weit untergeordneteren Einfluss auf die Stärke und Beständigkeit des Stroms.

VII. *Untersuchungen über die Wärme. Vierte Reihe. Ueber die Wirkung der mechanischen Textur der Schirme auf den unmittelbaren Durchgang der strahlenden Wärme;*  
*von James D. Forbes.*

(Schluß von S. 110.)

30) *Metallgitter.* Wäre der bloße Mangel an Durchsichtigkeit die Ursache der eigenthümlichen Wirkung geritzter Flächen, so ließe sich erwarten, daß jedes Gewebe aus opaken Fäden eben so wirken werde. Könnten wir uns des *Mediums* gänzlich entheben und einen *Schirm* anwenden, der dieselben Eigenschaften hätte, die wir künstlich der physischen Oberfläche des Mediums gaben, so würden wir offenbar in der Auslegung der Erscheinungen einen Schritt vorgerückt seyn. Die Wirkung von gefurchten Flächen und Gittern auf das Licht giebt eine so mächtige Analogie, daß ich, bevor ich mir die im letzten Artikel beschriebenen mechanisch geritzten Flächen verschaffen konnte, feine Drahtgitter als Diffractionsschirme anwandte, in der Hoffnung, dadurch ähnliche Resultate zu erhalten, als ich voraus sah und späterhin erhielt, da ich feine Linien auf Steinsalz ziehen ließ.

31) Die Thatsache, daß beim Licht die durch Gitter erzeugten Diffractions-Erscheinungen ganz unabhängig von der Natur dieser Gitter sind, es z. B. ganz gleichgültig ist, ob sie aus Drähten bestehen, oder bloß aus Linien, die in eine auf Glas gestrichene Seifenschicht gezogen worden, sprach zu Gunsten dieses Versuchs. Ich liefs nicht unbeachtet, daß Diffractionsspectra erzeugt werden würden, nicht durch ein paralleles Lichtbündel, sondern durch ein Bild erzeugt, durch einen entfernten Lichtpunkt. Allein wiewohl der Grund oder das Feld, welches von, durch ein Gitter gegangenen Strahlen erleuchtet wird, offenbar eine gleichförmige Tinte haben muß, so scheint doch die Voraussetzung nicht ungereimt, daß diese Tinte verschieden sey vom Weifs. Es scheint auch nicht, daß Mathematiker und Optiker auf dies Problem verfallen seyen, bis es sich mir im Laufe dieser Untersuchung darbot.

32) Mit solchen Drahtgeweben, als ich mir ohne weiteres verschaffen konnte, liefs sich in Bezug auf Wärme aus verschiedenen Quellen keine eigenthümliche Wirkung erhalten, und überdies schien die von diesen Geweben aufgefangene Wärmemenge beinahe oder genau proportional zu seyn der Oberfläche des undurchsichtigen Theils derselben. Vermuthend, daß vielleicht feinere Gewebe, als ich anwandte (60 Drähte auf den Zoll), die gewünschte Wirkung haben würden, verschaffte ich mir durch die Gefälligkeit des Sir John Robinson und Hrn. Leonor Fresnel die feinsten, welche in Paris angefertigt werden und bis etwa 160 Drähte auf den Zoll geben. Im Allgemeinen wurden meine früheren Resultate bestätigt, nämlich 1) daß die Menge der aufgefangenen Wärme unabhängig von der Quelle ist, und 2) daß sie sich zu der einfallenden Menge verhält, wie das Areal der Drähte zum Areal der Fläche. Ich muß indess bemerken, daß eine Bestimmung dieses letzteren Verhältnisses mit äußerster Genauigkeit nicht so leicht ist, als es auf den er-

sten Blick erscheint. Wenn der *Draht* im Vergleich zu den *Maschen* fein ist, sind letztere sehr nahe rechteckig oder gleichseitig. Allein bei den meisten Drahtnetzen ist dieß nicht der Fall. Die eine Reihe von Drähten ist nahezu parallel und gerade, nicht aber die andere Reihe; diese ist gewöhnlich nicht unter rechten Winkeln in die erstere eingeflochten, und daher sind die Maschen etwas kleiner als sie nach der Berechnung aus der Zahl der Drähte auf den Zoll und dem Durchmesser derselben gefunden werden. Meinen eigenen Beobachtungen mißtrauend, übergab ich Hrn. John Adie drei Exemplare von Drahtnetzen, mit dem Ersuchen, die mittleren Durchmesser und Zwischenräume der Drähte zu bestimmen. Mit einem sehr genauen Mikrometer bestimmte derselbe vierzehn Werthe jeder dieser Größen in beiden Richtungen. Aus diesen Datis läßt sich das Verhältniß der Zwischenräume zur gesamten Fläche bei jedem Netze leicht berechnen. Folgendes sind die Resultate für drei Arten solcher Netze, deren Durchgänglichkeit für Wärme ich zuvor bestimmt hatte.

Mikrometrische Messung von Drahtnetzen. Maafs-Einheit.  
 $= \frac{1}{52400}$  Zoll.

Drahtnetze.	Der Länge nach		Der Breite nach		Verhältniß der Zwischenräume zur Fläche.
	Zwischen- raum.	Draht.	Zwischen- raum.	Draht.	
No. 1 (57 im Zoll)	534	371	562	384	0,3504
- 2 (92 - - )	375,6	179,4	402,6	179,6	0,4680
- 3 (129 - - )	200	159	284	168	0,3500

33) Die Zahlen der letzten Spalte (berechnet in der Voraussetzung, daß die Zwischenräume geometrische Rechtecke seyen) sind nun zu vergleichen mit folgenden Ergebnissen der Beobachtung:

Von 100 einfallenden Wärmestrahlen gingen durch die Drahtnetze.

Drahtnetze.	Locatelli mit Glas.	Locatelli.	Dunkelheißes Messing.	Heißes Wasser.
No. 1 (57)	32,5	32	33,5	
- 2 (92)	46,0 <sup>1)</sup>		44,7 <sup>2)</sup>	
- 3 (129)	30,5		30	29,7

Die Unterschiede bei jedem Netze übersteigen vielleicht nicht die Beobachtungsfehler. Bei allen sind die Zahlen *kleiner* als sie nach den geometrischen Zwischenräumen seyn sollten, wahrscheinlich wegen Unregelmäßigkeit in der Gestalt dieser Räume (auch wegen Applatung der Drähte an ihren Berührungspunkten, wodurch die Zwischenräume stumpfwinklich werden); dieß schliesse ich daraus, daß No. 2, bei welchem die Drähte, verglichen mit den Zwischenräumen, feiner als bei den übrigen sind (die gesammten Zwischenräume sind verhältnißmäßig nur um  $\frac{1}{3}$  größer), und welches ein weit regelmässigeres Netz als die übrigen bildet, der Betrag des Durchgangs nur sehr wenig von dem des geometrischen Netzes abweicht. Ich bekenne zugleich, daß mir ein Unterschied von 5 Proc. bei No. 3, welcher offenbar nicht von einem Beobachtungsfehler herrührt, bloß durch diese Bemerkung erklärlich scheint.

34) *Fadengitter*. Mit Gittern aus feinen Baumwollenfäden von 0,01 Zoll Abstand, die zur Hervorbringung von Fraunhofer's Spectren dienten, erhielt ich ähnliche Resultate. Diese Fäden saßen parallel in zwei Rähmen, so daß sie rechtwinklich über einander gelegt

1) Zwei solche Netze auf einander gelegt, so daß die Drähte sich unter 45° kreuzten, gaben 20,7 Proc. Durchgang. Die Quadratwurzel hieraus oder die Wirkung jedes einzelnen Netzes ist 45,5, d. h. fast dieselbe wie in der Tafel:

2) Zwei auf einander gelegte Netze gaben 21,2 Procent, oder jedes einzeln 46.

werden konnten. So konnte ich entweder einen Schirm aus parallelen Fäden von 0,01 Zoll Abstand, oder, durch ihre Uebereinanderlage, einen Schirm von mathematisch genauen Quadraten bilden. Es ist indeß schwierig hierbei, den Durchmesser der Fäden genau genug zur Bestimmung der Zwischenräume zu erhalten.

Von 100 einfallenden Wärmestrahlen gingen durch Gitter aus Baumwollenfäden von 0,01 Abstand:

	Locatelli mit Glas.	Dunkle Wärme.
Einfaches Gitter	29,5	30,2
Doppeltes Gitter	9,0 <sup>1)</sup>	8,3 <sup>2)</sup>

Die Unterschiede sind hier unbedeutend, und haben entgegengesetzte Richtungen. Die Resultate in der letzten Spalte sind von einzelnen Versuchen (28. Nov. 1839).

35) *Wirkung von Pulvern.* In der Meinung (12), die Wirkung berufster Flächen rühre von einer mechanischen Wirkung opaker, über einen durchsichtigen Körper ausgebreiteter Pünktchen her, gerieth ich fast zu Anfange dieser Untersuchung darauf, die Wirkung künstlich auf eine solche Fläche gesiebter Pulver zu untersuchen. Ein Ingredienz zur Anhaftung eines solchen Pulvers an die Fläche würde, indem es seine eigene Diathermansie mit eingeführt hätte, den Versuch unrein gemacht haben. Ich schloß daher die Pulver zwischen zwei polirte Steinsalzplatten ein, die ich an den Rändern mit Wachs verklebte. Der vorläufige Versuch (27) zum Nachweise, daß die Salzflächen, in dem Zustand, in welchem ich sie gewöhnlich anwandte, keinen wahrnehmbaren Einfluß auf die Qualität der durchgelassenen Wärme ausüben, war ein sehr wichtiger für die Schlüsse, die ich

1) Entsprechend 30,0 Proc. der Wirkung jedes einzelnen.

2) Entsprechend 28,8 der Wirkung jedes einzelnen.

zu ziehen beabsichtigte. Er war, wie schon angegeben, völlig befriedigend.

36) Die ersten Versuche mit Pulvern machte ich (6. Dec. 1839) mit Kalk und Alaun fein aufgestreut zwischen Steinsalzplatten. Ich wählte den Kalk wegen seiner völligen Undurchsichtigkeit und unkrystallinischen Beschaffenheit, und den Alaun deshalb, weil er Wärme von niedriger Temperatur so vollständig auffängt, daß ich schloß, wenn sein Einfluß als *mechanischer Abänderer der Oberfläche* vorwalte, er von Wärme aus *niederer* Temperatur eben so viel oder mehr als von der aus *hoher* durchlassen sollte, der *mechanische* Einfluß als fein gepulverte Substanz deutlich festgestellt seyn würde.

37) Das Resultat, zu welchem ich gelangte und welches ganz meiner vorgefaßten Ansicht entsprach, kann zeigen, wie vorsichtig man seyn muß, wenn aus wenigen, scheinbar noch so entscheidenden Datis Schlüsse gezogen werden sollen. Die mit Kalk bestreuten Flächen ließen von Wärme aus niedriger Temperatur *mehr* durch als von der aus hoher (nämlich 34,5 Proc. dunkler Wärme und nur 30,5 Proc. Locatellischer Wärme, nach deren Durchgang durch eine dicke Glaslinse), während das mit Alaun bestreute Steinsalz ganz gleichgültig gegen die Natur der einfallenden Wärme zu seyn schien <sup>1)</sup> (nur 17 Proc. von beiden durchliefs, zum Beweise, daß das Pulver in bedeutender Menge da war). Ich schloß hieraus, scheinbar mit Recht, daß der Kalk keine *specifische* Wirkung ausübe, oder, als (höchst wahrscheinlich) opak oder *atherman*, in Pulverform nur mechanisch wirkend, die Wärme von niedriger Temperatur in Ueberschuß durchlasse, während bei dem Alaun die *specifische* Wirkung gänzlich durch die *mechanische* Wirkung des

1) Und doch läßt eine Alaunplatte von gewisser Dicke nicht weniger als 27 Proc. von der einen Wärme, und *keine merkliche* Menge von der andern durch (Melloni).

Pulvers aufgewogen werde, Unter andern in gegenwärtiger Abhandlung detaillirten Thatsachen habe ich diese in einem, der K. Edinburger Gesellschaft am 16. Dec. 1839 <sup>1)</sup> übergebenen Memorandum einfach aufgeführt, und einige Tage hernach in nur wenig anderer Form Hrn. Arago mitgetheilt (s. *Compt. rend. de l'acad. des Sciences*, 6. Jan. 1840). Am 28. Dec. erhielt ich ein ähnliches Resultat mit Holzkohlenpulver (dessen Verwandtschaft mit Ruß auf seine Anwendung führte), und dennoch scheint es nicht, daß der allgemeine Schluß, den ich beabsichtigte, gänzlich verbürgt sey.

38) Bekanntlich übersah Newton die Verschiedenheit des Licht-Dispersionsvermögens der Körper deshalb, weil er zwei Körper verglich, bei welchen zufällig die Dispersion proportional war der mittleren Brechung. Eine ähnliche Uebereilung im Verallgemeinern würde auch hier zu einem Irrthum geführt haben, hätte nicht eine gleichzeitige Untersuchung mich veranlaßt, die Frage über die Pulver wieder aufzunehmen. Während ich auf die Ankunft eines Drahtnetzes aus Paris wartete, verfiel ich darauf, die Wirkung von Metallen in äußerst fein zertheiltem Zustande zu prüfen. Es schien jedoch zuerst wünschenswerth zu untersuchen, ob die Metalle wirklich so unfähig seyen, Wärme durchzulassen, als es gewöhnlich angenommen wird.

39) Zu dem Ende spannte ich ein Stück des dünnsten Blattgolds über ein Diaphragma von Pappe aus, und ließ ein intensives Bündel paralleler Wärmestrahlen von Locatelli's Lampe direct auf die Säule fallen. Dazwischen ward ein Glasschirm aufgestellt, von dem ich aus Erfahrung wußte, daß er 43 Proc. von dieser Wärmeart auffing. Bei Dazwischensetzung des Glases wich die Galvanometernadel  $31^{\circ},2$  ab. Der entsprechende directe Werth würde gewesen seyn  $= 31^{\circ},2 \times \frac{100}{43} = 72^{\circ}$ . Als

1) Siehe die Anmerkung, S. 88 dieses Bandes.



das Glas entfernt und statt seiner das Goldblatt angebracht wurde, war, bei abwechselndem Einschieben und Fortnehmen des Messingschirms, nicht die geringste Bewegung an der Nadel sichtbar; hätte sie nur  $\frac{1}{20}$  eines Grades betragen, d. h. hätte das Goldblatt nur  $\frac{1}{1400}$  der einfallenden Wärme durchgelassen, so würde, glaube ich, die Wirkung sichtbar gewesen seyn. Und dennoch war dieß Blattgold so dünn, daß die Umrisse einer Landschaft deutlich, mit der gewöhnlichen blaugrünen Farbe, durch dasselbe gesehen werden konnten. Ein überzeugenderer Beweis, daß Leitung keinen merklichen Antheil an diesen Versuchen hatte, kann sicher nicht gewünscht werden, da eine Schicht von vielleicht nicht mehr als  $\frac{1}{200000}$  Zoll Dicke des besten Wärmeleiters keine wahrnehmbare Wirkung gab. Ich hielt es der Mühe werth, den Versuch mit dunkler Wärme zu wiederholen; der Erfolg war aber derselbe. Die Analogie der Wirkung von aufgeblätterttem Glimmer mit der Reflexion an Metallen, ließ mich vermuthen, daß, wenn eine Wärmeart von Metallblättern durchgelassen werde, es die von niederer Temperatur seyn würde.

40) Die Undurchdringlichkeit des Blattgolds (der dünnsten zusammenhängenden Metallschicht, die man darstellen kann) für Wärme überzeugte mich von der Wichtigkeit, die Metalle in einem Zustande zu erhalten, um meine Versuche mit dem Pulver anderer Substanzen zu verificiren. Als die Hoffnung schwand, Drahtnetze zu erhalten von solcher Feinheit — nicht des Gewebes, was vergleichungsweise unwesentlich war, — sondern des Drahts, daß sie wetteifern könnten mit den auf Steinsalz gezogenen Diamantstrichen, die unter dem Mikroskop unregelmäßige Furchen von wahrscheinlich nahe  $\frac{1}{2000}$  mittlerer Breite bildeten, — griff ich wieder zu dem Project, Metalle in *Pulverform* anzuwenden. Aus den Versuchen mit matten und geritzten Flächen war einleuchtend, daß die *Unregelmäßigkeit* dieser Striche gar nichts zu thun habe mit dem Phänomen, Strahlen von

hoher Brechbarkeit aufzufangen und andere durchzulassen. Nichts kann unregelmässiger seyn als Ritzen von Sandpapier, und doch brachten sie die Wirkung hervor, und zwar desto stärker, je rauher und dichter gefurcht die Oberfläche wurde. Das Steinsalz kommt sogar natürlich angelaufen vor, wobei keine lineare Anordnung der betroffenen Punkte vorhanden seyn kann. Es schien mir daher, daß eine mit Metallpulver bedeckte Fläche die *Gränze* eines Gewebes darstelle, wobei die Zwischenräume keine regelmässige Form zu haben brauchten.

41) Die nächste Schwierigkeit bestand darin, sehr feine Pulver unzweifelhaft metallisch zu bekommen, worauf ich viel Gewicht legte, da es sehr denkbar war, daß Metallsulfurete und andere Substanzen, die für die unter den Namen Gold-, Silber- und Kupferbronze bekannten angeblichen Metallpulver angewandt werden, eigenthümliche Diathermansien haben, und dadurch den Versuch unrein machen möchten. Zuletzt gelang es mir, Silber durch Fällung, und Kupfer mittelst Daniell's Batterie zu erhalten; auch verschaffte ich mir mit einiger Schwierigkeit aus einer grossen Manufactur Münz-Silber und Münz-Gold, das durch mechanisches Zerreiben in ein vollkommen unfühbares und schön metallisches Pulver verwandelt worden war. Diese theueren Präparate sind nun ganz verdrängt durch die vortreffliche falsche Bronze, welche jetzt in Gebrauch ist. Diese, nebst vollkommen unfühbarem Pulver von metallischer Kupferbronze, aus derselben Quelle entstammend, und ein viel gröberes Zinnpulver, wie es Apotheker gebrauchen, bildeten das Material zu einer sehr sorgfältigen Reihe von Versuchen, die mich sehr lange beschäftigten und sehr mannigfach abgeändert wurden (1840 Jan. 28.).

42) Folgende Tafel enthält die Resultate meiner Versuche mit Metallpulvern, die, mit Ausnahme des Zinns, als vollkommen unfühbar betrachtet werden können, am trocknen Finger haften und *unzweifelhaft metallisch* sind.

**Procente der von Metallpulvern durchgelassenen Wärme  
verschiedenen Ursprungs.**

Pulver <sup>1)</sup> .	Locatelli's Lampe.			Dunkel heißes. Messing.	Heißes Wasser
	Glas ein- geschaltet	unmit- telbar.	Berufs- tes Stein- salz ein- geschalt.		
Gold No. 1 ( <i>A</i> )	58		50,5		
- No. 2	7,4 <sup>4)</sup>			4,1 <sup>4)</sup>	
Silber No. 1 <sup>2)</sup>	25,3	24,2		21,8	
- No. 2 ( <i>A</i> )					
Erste Reihe	27,7		18,5		
Zweite Reihe <sup>3)</sup>	29,5		22,1		25
Kupfer No. 1					
Erste Reihe	14,8		16,0		
Zweite Reihe	17,4			18,7	17
Kupfer No. 2	5,6 <sup>4)</sup>			4,05 <sup>4)</sup>	
Zinn <sup>2)</sup>	27,0	26,0		25,5	

43) Diese Beobachtungen sind, ich bekenne, sehr unvollkommen; doch bin ich überzeugt, daß die scheinbaren Anomalien nicht Beobachtungsfehler sind, wie so gleich andere Beispiele zeigen werden. Um die Qualität von dick bestreuten Flächen, die nur wenige Procente Wärme durchlassen, zu bestimmen, war es wünschenswerth ein intensives Wärmebündel anzuwenden. Um jedoch den Vergleich innerhalb des Umfangs der Galvanometergrade zu halten, deren Zahlenwerthe früher (zweite Reihe § 7 bis 8) bestimmt worden, wurden die in vorstehender Tafel mit <sup>4)</sup> bezeichneten Beobachtungen folgendermaßen angestellt. Die *unmittelbare* Wirkung der

1) Die mit *A* bezeichneten Pulver hafteten an einer einzigen Steinsalzplatte, die übrigen befanden sich zwischen zwei solchen Platten.

2) Die Resultate das Mittel sehr vieler Messungen.

3) Es wurde dieselbe Platte gebraucht, doch anders gestellt gegen die Säule, so daß jede Reihe für sich steht.

4) Siehe den folgenden Paragraph.

einfallenden Wärme auf die Säule wurde nie beobachtet, sondern immer derjenige Theil von ihr, der durch das Drahtnetz No. 3 des §. 33 ging; dies liefs von jeder Wärmeart fast genau 30 Procent durch. Die unmittelbare Wirkung wurde auf  $\frac{1}{30}$  der diesem Durchgange entsprechenden Ablenkung angeschlagen, dann das Drahtnetz entfernt, das zu untersuchende Medium eingeschaltet und die Wirkung mit der berechneten unmittelbaren Wirkung verglichen. So z. B. war bei dem Kupferpulver No. 2 die Wirkung der Locatellischen Lampenwärme, nach dem Durchgang durch eine dicke Glasplatte und nachherige Schwächung durch ein Drahtnetz

$$= 22^{\circ},57$$

Unmittelbare Wirkung  $= 22^{\circ},57 \times \frac{1}{30}$  75 ,2  
 Drahtnetz entfernt, und Kupfer eingeschaltet 4 ,15  
 Verhältnifs zur directen Wirkung 5,52 : 100.

Auf diese Weise liefsen sich die Procente mit sehr scharfer Genauigkeit erhalten. Ein anderer Versuch gab in demselben Fall 5,60 : 100.

44) Die Tafel in §. 41 beweist meiner Ueberzeugung nach: 1) dafs gepülvertes Gold, Silber und Zinn keineswegs die Eigenschaft besitzen, die ich geneigt war, allgemein den opaken Pulvern beizulegen, sondern wirklich Wärme von hoher Temperatur reichlicher als die von niederer durchlassen; 2) dafs beim Kupfer zwei Reihen ein Resultat, und die dritte das entgegengesetzte geben. Dennoch waren diese alle mit grosser Sorgfalt angestellt, und sie enthalten innere Beweise von ihrer Richtigkeit. Ich bin überzeugt, dafs die Unterschiede nicht von Beobachtungsfehlern herrühren. Ich habe andere Fälle beobachtet, wo eine vermehrte Dicke des auffangenden Mediums und eine erhöhte Intensität der einfallenden Wärme verschiedene Resultate in Bezug auf Durchgänglichkeit geben, was jedoch keineswegs paradox ist, da eine intensive Wärme in merklicher Menge durch eine beinahe opake Substanz gehen, und dadurch einen

neuen Charakter erlangen kann, welchen ein schwächeres Wärmebündel im Durchgang durch ein weniger hemmendes Medium nicht erhalten würde. Jedenfalls kann ich für jetzt keine andere Erklärung geben. Dafs das Kupfer einen besonderen Charakter, verschieden von dem der übrigen untersuchten Metalle, besitzt, davon bin ich vollkommen überzeugt.

45) Der Beweis, den diese Versuche mit Metallpulvern von der Unzulässigkeit der Erklärung der Wirkung des Rufses aus dessen *blofser Pulverform* gaben, nöthigte mich, andere Körper in einem ähnlichen Zustand zu untersuchen.

46) Ich wiederholte die Versuche mit den schon erwähnten Pulvern noch sorgfältiger, machte eine grofse Anzahl neuer mit Substanzen von so verschiedener Natur wie möglich, und wandte einige dieser Substanzen in verschiedenen Exemplaren und zu verschiedenen Zeiten, als mehr oder weniger dick gestreutes Pulver, an.

47) Ein Umstand schien auf meinen früheren Schlufs, wo er am unwiderleglichsten schien, doch einen Zweifel zu werfen. Ich hatte gefolgert, dafs wenn der Alaun, in Pulver, alle Wärmearten gleichmäfsig auffange, die *mechanische Wirkung* des Pulvers der *specifischen* des Alauns (36) entgegengearbeitet und sie zerstört haben müsse, wurde jedoch allmählig zu der Annahme geführt, *dafs die meisten diathermanen Körper, in Pulverform, fast gleich opak seyen*, oder, wie ich vielleicht eher hätte sagen sollen, gleich indifferent gegen die *Natur* der einfallenden Wärme (d. h. farblos in der Optik).

48) So weit das Auge das Verhältnifs der Widerstände bei verschiedenartigen, auf Flächen gestreuten Pulvern beurtheilen konnte, schien in deren Durchscheintheit für Wärme kein merklicher Unterschied vorhanden zu seyn. Eine mit Alaun oder Citronensäure bestreute Fläche schien fast eben so viel durchzulassen als eine mit gepulvertem Steinsalz bestreute. Diefs konnte nicht

blofs von der *geringen Dicke* der Substanz herrühren, da diese bekanntlich bei der Wärme, wie beim Licht, eine Annäherung zur Farblosigkeit herbeiführt; denn der vom Pulver aufgefangene Bruchtheil der einfallenden Wärme war immer ein beträchtlicher (gewöhnlich  $\frac{3}{4}$  bis  $\frac{9}{10}$ ). Die Trübheit ist also das Ergebnifs unzählbarer Reflexionen und Interferenzen, welche die durchgelassene Wärme *zerstreuen* und *vernichten* (*stifle*), und zwar in fast gleichem Grade, von welcher Natur die Substanz auch seyn mag. Diefs allgemeine Resultat kann also bei Nachdenken nicht auffallend erscheinen. Zur Erläuterung dieses will ich besonders einen Versuch anführen.

49) Als ich in Verlegenheit war, mir feine Metallfasern zu verschaffen, versuchte ich ein unregelmässig mit feinen Fäden von gesponnenem Glase bedecktes Diaphragma anzuwenden, in der Absicht (ganz wie bei dem Alaunpulver) zu ermitteln, wie der mechanische Zustand die Eigenschaften des Glases hinsichtlich seines Wärmedurchgangs abändern würde. Als Locatellische Lampenwärme, nach dem Durchgang durch eine *dicke Glasplatte*, auf die ein unregelmässig netzförmiges Diaphragma bildenden Glasfasern fiel, wurden nicht mehr als 47,6 Procent von der einfallenden Wärme durchgelassen. Nun wissen wir mit Bestimmtheit aus den Versuchen von De la Roche und Melloni, dass, nach dem Durchgang durch eine solche Dicke von Tafelglas, eine fernere Schicht, die Dicke der angewandten Glasfasern, dem weiteren Durchgang der Wärme kein *merkliches Hindernifs* in den Weg legt, ausgenommen die Reflexionen an der Oberfläche. Der Verlust von 52,5 Proc. Wärme rührte also her von dem *Zerstreuen* und *Vernichten* der Wärme durch Reflexion an den Oberflächen der Fasern, von Refraction durch deren Cylinderflächen und von Interferenz. Wir dürfen uns also nicht wundern, wenn der gebrochene und die Säule erreichende Theil der Wärme (der einzige, der durch die Natur des Mediums

wesentlich ergriffen wird) die vom Galvanometer angegebene Quantität der verschiedenen Wärmearten nicht merklich ändert. Demgemäfs finden wir, dafs Wärme von einer durch die Weingeistlampe erhitzten dunkeln Messingfläche, unter denselben Umständen, zu 44 Procent durchgeht, und selbst die von heifsem Wasser zu 42 Procent, obschon eine geringere Glasdicke beinahe opak ist für diese Wärmeart.

50) Ist diess der Fall — sind die Unterschiede so bedeutend — bei einem Netzwerk von regelmäfsig geformten, durchsichtigen und polirten Glasfäden, so mufs es noch mehr gelten von unfühlbaren, krystallinischen oder anderen Pulvern, die (ohne Zweifel) kleine Flächen unter jedem Winkel und kleine Risse in jeder Richtung darbieten.

51) Die folgende Tafel enthält die Resultate sehr zahlreicher und zum Theil unter verschiedenartigen Umständen wiederholter Versuche mit Pulvern mannichfaltiger Art. Die Untersuchung ist, wie bei den Metallpulvern, sicher unvollkommen; allein da der einfache Grundsatz, den ich erst rücksichtlich der Diathermanität opaker Pulver festzustellen suchte, nicht allgemein gültig zu seyn scheint, so brach ich diese mühsame Versuchsreihe ab, nachdem einige allgemeine Thatsachen gewonnen worden, die ich jetzt vorlegen will, ohne zu behaupten, einen Gegenstand erschöpft zu haben, welchen wir unzweifelhaft nach und nach näher kennen lernen werden, welcher aber gegenwärtig zur Verfolgung in seine isolirte Details eine sehr geraume Zeit erfordern würde. Diese Pulver wurden sämmtlich, aufgestreut, zwischen polirte Steinsalzplatten eingeschlossen, die an den Rändern verklebt und auf Diaphragmen von Karten befestigt worden, so geordnet, dafs die Wärme in jedem Fall durch dieselben Stellen der Oberflächen gehen mufste.

Durch-

Durchgang der Wärme verschiedenen Ursprungs durch  
nicht-metallische Pulver <sup>1)</sup>, in Procenten.

	Locatelli's Lampe.		Dunkel heißes Messing.	Heißes Wasser.
	Durch Glas.	Durch berufs- tes Stein- salz.		
Alaun No. 1	17,0		17,1	
- No. 2	15,2 <sup>3)</sup>		13,0 <sup>3)</sup>	
Citronensäure No. 1	29	30	33,0 <sup>4)</sup>	31,5
- - No. 2	12,9 <sup>3)</sup>		8,7 <sup>3)</sup>	
Steinsalz No. 1	12,8 <sup>3)</sup> ; 13,4	11,8	11,3	
- No. 2	31,5 <sup>5)</sup>		29,2 <sup>5)</sup>	
Schwefel	50,0		44,7	
Mennige	30,2		34,0	
Bleiglanz	26,3	22,4		
Holzkohle A	5 <sup>6)</sup>		9 <sup>6)</sup>	
Holzkohle A				
No. 1. Reihe I <sup>2)</sup>	11,4	13,9		
No. 2. Reihe II <sup>2)</sup>	15,1		16,0	17,0
No. 2	3,2 <sup>3)</sup>		3,5 <sup>3)</sup>	
Kalk No. 1	30,5		34,5	
- No. 2	15,5 <sup>3)</sup> ; 15,6	18,4	17,9	
- No. 3	27,5		32,0	
Kohlens. Magnesia	8,3	12,6		

1) Unter *nicht metallisch* ist gemeint: nicht im Zustand von *reinem* oder *ungebundenem* Metall.

2) Die Umstände bei diesen beiden Reihen waren ungleich, so daß die eine nicht direct mit der anderen vergleichbar ist. Jede ist aber vollkommen gut.

3) Die so bezeichneten Beobachtungen sind mit einem kräftigen Wärmebündel angestellt, auf die in §. 42 beschriebene Weise.

4) Nicht direct vergleichbar mit den beiden andern Beobachtungen in derselben Zeile, wahrscheinlich 3 oder 4 Procent zu hoch.

5) Ungemein gute Beobachtungen.

6) Die Intensitäten sehr schwach.



51) Zur vorstehenden Tafel bemerke ich: 1) daß die gepülverten krystallinischen Körper; wie Steinsalz, Alaun, Citronensäure und Schwefel, keine entschiedene, von ihrer Pulverform abhängige Neigung zum vorwaltenden Durchlaß der Wärme von niedriger Temperatur darbieten. Der sorgfältig wiederholte Versuch mit Steinsalz ist, in diesem Punkt, sehr entscheidend, da die Gleichgültigkeit des Steinsalzes, als Substanz, gegen die Natur der durchzulassenden Wärme, die von dem mechanischen Zustand herrührende Wirkung, wenn sie da wäre, sogleich sichtbar machen würde. Es scheint in diesem Zustand die Wärme von niedriger Temperatur sogar *weniger* leicht durchzulassen als die von hoher; 2) Bleiglanz, d. h. krystallisirtes Schwefelblei, im gepülverten Zustand, scheint die Eigenschaften von Gold, Silber und Zinn (43) zu besitzen: 3) Mennige, Holzkohle, Kalk und Magnesia, alles Substanzen von opaker, *erdiger* Beschaffenheit, scheinen sicher vorwaltend *dunkle Wärme* durchzulassen. Ich halte es für wahrscheinlich, daß diese Liste auf die meisten Körper von ähnlicher mechanischer Beschaffenheit ausgedehnt werden könne.

52) Diese Unterscheidungen lassen, das weiß ich wohl, die *Ursache* des Unterschiedes im Charakter der Pulver und der Eigenthümlichkeiten von angelaufenen Flächen fast in der früheren Dunkelheit. Vor Allem scheint es mir sonderbar, daß eine mit gepülvertem Steinsalz bestreute Fläche keine Aehnlichkeit, sondern vielmehr die entgegengesetzte Eigenschaft, mit einer mechanisch gefurchten von gleichem Material besitzt <sup>1)</sup>. Das Entgegengesetzte in der Wirkung der Metallpulver und der opaken Erden ist eben so sonderbar als unerwartet. Wie schon gesagt, zweifle ich indeß, ob *für jetzt* eine vollständige Untersuchung der Eigenthümlichkeiten specifischer Substanzen die Mühe der erforderlichen Arbeit

1) Um dies recht deutlich zu machen, brauchte und verglich ich zwei solche Platten zu demselben Versuch.

belohnen würde. Ich habe Versuche mit einigen faserigen Substanzen gemacht, z. B. mit Papier und Membran, welche, glaube ich, sehr wahrscheinlich als angelaufene Flächen wirken. Eine Annäherung dazu zeigt, wie man sehen wird, das gewöhnliche Cambric-Papier. In dem zu Paris unter dem Namen *papier végétal* verfertigten Papier zum Durchzeichnen befindet sich offenbar, zur Hervorbringung der Durchsichtigkeit, eine fremde Substanz, welche den Wärmedurchgang abändert. Ein dichtes Gewebe von Baumwollenfäden übt, wie schon gezeigt, keine spezifische Wirkung aus (34). Die folgende Tafel enthält einige in der vorhergehenden nicht aufgeführten Resultate, die bei verschiedenen Substanzen die in diesem Aufsatz betrachtete Eigenschaft der *Wärmefarbe* erläutern.

Procente der von verschiedenen Körpern durchgelassenen Wärme.

	Wärmequelle.		
	Locatellis Lampe mit Glas.	Dunkel heißes Messing.	Heißes Wasser.
Goldschlägerhaut	60	28	
Cambric-Papier	8,6	10,5	
Papier végétal	36	28	
Gesponnen Glas	47,5	44	42
Steinsalz beruht	30,2	58	67
-     rauh gemacht	49	73	76
-     polirt und gefurcht <sup>1)</sup>	49,5	73	77

53) Die Hauptthatsachen in diesem Aufsätze sind:

54) I. Die (dem *Rothen* gleiche) Eigenthümlichkeit von Rußschichten, Wärme von niederer Temperatur durchzulassen, findet sich auch: 1) beim bloßen Holzkohlenpulver, 2) bei andern (wenigstens einigen) matten erdigen Pulvern, 3) bei einfach *matten* oder unpolirten

1) 200×200 Quadrate auf den Zoll.

Flächen, 4) bei unregelmässig, z. B. mit Sand- oder Schmirgel-Papier geritzten Flächen, 5) bei polirten, mit feinen Furchen versehenen Flächen, 6) bei durchsichtigem Glimmer, nach mechanischer Aufblätterung, während er, als zusammenhängendes Medium, entgegengesetzte Eigenschaften besitzt.

55) II. Folgende Media scheinen gegen die Art der durchgehenden Wärme *gleichgültig* zu seyn: 1) dünnes Blattgold, als undurchdringlich für jede; 2) Metallnetze, die jede Wärmeart genau im Verhältniß zur Flächengröße ihrer Zwischenräume durchlassen; 3) Fadenetze; 4) die meisten krystallisirten Körper, in Pulverform; sie *nähern* sich der Opacität für Wärme.

56) III. Folgende Körper, ausser den schon bekannten, lassen Wärme von hoher Temperatur (*violett-ähnliche Wärme*) am meisten durch: 1) mehrere reine Metallpulver; 2) Steinsalz, gepulvert, und viele andere Pulver; 3) thierische Membran.

57) IV. Wärme von niederer Temperatur wird an unvollkommen polirten Flächen am regelmässigsten reflectirt, und, wie wir gesehen haben, auch am regelmässigsten durchgelassen. Diese Thatsachen sind für die Theorie der Wärme von grofser Wichtigkeit, und wahrscheinlich werden sie rücksichtlich des Lichts und besonders der Absorptions-Erscheinungen auf Untersuchungen von nicht geringem Interesse führen.

58) Schon im §. 24 wurde auf die Analogie der eben erwähnten Thatsache mit der, dafs rothes Licht leichter als violettes von matten Flächen reflectirt wird, hingewiesen; diese Thatsache bestätigt die Zulässigkeit der Wellenlehre bei der Wärme, und die Meinung, dafs die wärmezeugenden Wellen desto länger sind, als die Temperatur der Quelle niedriger ist. Die Durchgangs Erscheinungen sind dunkler; sie lassen sich vergleichen entweder mit der Diffraction oder der Absorption beim Licht.

59) Die Wirkung der auf polirten Flächen gezogenen Linien, wie sie zu manchen Diffractions-Versuchen,

gebraucht werden, führt zu der Frage (31), ob die mittlere Farbe des Lichts beim Durchgang durch Gitter nothwendig unverändert bleibe? Diese Frage scheint noch Keinem, dem ich sie vorlegte, eingefallen zu seyn; und obwohl es sehr wahrscheinlich ist, daß keine Veränderung stattfinden werde, so scheinen doch die Gründe für eine solche Meinung a priori nicht ganz feststehend. Prof. Kelland, glaube ich, ist der Erste, dem es gelang, den Ausdruck für die Beleuchtung eines Schirms, der hinter irgend einem von ebenen Wellen getroffenen Gitter steht, zu integriren <sup>1)</sup>; er sagte mir, daß allemal, wenn die Breite der Zwischenräume irgend ein Multiplum von der Breite der Drähte oder opakem Räume sey, die Intensität dieselbe sey, wie wenn daselbst ein Diaphragma vorhanden wäre, so groß wie die Summe der Zwischenräume des Gitters.

60) Diefs Resultat (welches für unseren Zweck hinlänglich allgemein zu seyn scheint) wird in sofern bestätigt, als die Metallgitter für die Qualität der einfallenden Wärme durchaus *indifferent* sind.

61) Es bleibt indess zu erklären, wie gefurchte Flächen wirken können, anders als durch Auffangung eines Theils der Wärme, wie es ein opakes Netzwerk thun würde. Ich weiß keine ganz befriedigende Erklärung zu geben; allein der Umstand, daß der durch Erwärmung in dünne Blätter zerfällte Glimmer eben so wirkt, kann uns vielleicht zu etwas der wahren Ursache Aehnliches führen.

62) Eine Anzahl dünner Platten, von *genau gleicher Dicke*, würde eine gewisse Farbe durchlassen und die complementäre reflectiren. Sind nun Platten von nahe einer gewissen Dicke sehr vorwaltend, und ist das Mißverhältniß in der Länge der einfallenden Wellen sehr groß, so wird ein großer Antheil in gleicher Weise durchgelassen und der Rest vernichtet oder reflectirt.

1) Airy's *Mathematical Tracts*, p. 328.

Wenn dieser Vorgang bei mechanisch in Blätter zerfallten Körpern nicht so häufig bemerkt worden, als man es vermuthen könnte, so entspringt dies aus dem geringen Umfang der Wellenlänge in den sichtbaren Theilen des Spectrums. Eine geringe Abänderung in der Dicke des Blättchens läßt folgwiese jede Farbe des Spectrums durch oder vernichtet sie durch Interferenz. Sind die Wärmewellen (wie ich schon vermuthete) weit heterogener als die Lichtwellen, so würden solche Effecte verhältnißmäßig mehr hervortreten.

63) Vermuthlich besteht eine gefurchte Fläche aus einer Anzahl polirter Flächenstücke, die von der allgemeinen Fläche, unter kleinen Neigungen gegen die einfallenden Strahlen, theilweis abgerissen sind; und es läßt sich voraussetzen, daß diese Strahlen, nach der Trennung durch partielle Reflexion und Refraction, sich mit ungleichen Verzögerungen wieder vereinigen, dadurch *erst* auf die kürzeren Wellen zerstörend einwirken und die übrigen bestehen lassen. Ich habe schon auf die That- sache aufmerksam gemacht, daß die meisten der trüben Flüssigkeiten hauptsächlich die längeren Lichtwellen durchlassen. Ich halte dies indess nur für vage Muth- mäsungen über einen sehr dunkeln Gegenstand. Ich glaube, daß Versuche über die Farbe solcher Mittel wie die angewandten, und besonders matter Flächen, nicht ohne Werth bei Erläuterungen der Absorptions-Ersei- nungen in der Optik seyn würden.

---

64) Zum Schlufs könnte man vielleicht erwarten, daß ich einige Rücksicht nähme auf die Versuche und Raisonsnements, von denen Hr. Melloni einen Bericht an Hrn. Arago gesandt (*Compt. rend.* vom 30. März, *T. X* p. 537 und 826) in zwei, vom 4. und 14. März datirten Briefen. Diese Briefe sind veranlaßt durch die Ankündigung meiner Versuche in demselben Werk (vom

6. Jan.). Der vorstehende Aufsatz, *lediglich* begründet auf Versuche, die vor der Ausfertigung von Hrn. Melloni's erster Mittheilung unternommen und vollendet wurden, wird, glaube ich, hinlänglich auf alle die Fragen antworten, die er in seinen Briefen an Hrn. Arago aufgeworfen hat, wenigstens so weit sie meine Versuche betreffen.

### VIII. *Untersuchung des Allanit, Orthit, Cerin und Gadolinit; von Theodor Scheerer.*

#### Kurzer geschichtlicher Ueberblick.

Ehe ich meine Untersuchungen über die genannten Mineralien mittheile, will ich in Kürze der hauptsächlichsten Arbeiten gedenken, die früher über dieselben bekannt gemacht worden sind. Besonders werde ich alle bisher mit diesen Mineralkörpern unternommenen Analysen anführen, damit sie später mit den Resultaten meiner analytischen Untersuchungen verglichen werden können.

Der *Allanit* wurde zuerst von Giesecke in Grönland aufgefunden. Bekanntlich wurde das Schiff, mit welchem er seine auf Grönland gesammelten Mineralien nach Kopenhagen schickte, unterwegs von einem englischen Kaper genommen, und dessen Ladung zu Leith in Schottland verkauft. Allan brachte diese Mineralien an sich, und erkannte an dem darunter befindlichen Kryolith, daß sie aus Grönland seyen. Außerdem fand er ein Mineral unter ihnen, welches er nach den äußeren Kennzeichen für eine Gadolinitart hielt <sup>1)</sup>. Er schickte eine Quantität davon an Thomson, um es auf seine

1) *Transactions of the royal society of Edinburg, Vol. VI Part. I;*  
und *Journal des mines, Vol. XXX, p. 281.*

chemischen Bestandtheile näher zu untersuchen. Thomson <sup>1)</sup> fand es zusammengesetzt aus:

Kieselerde	35,4
Thonerde	4,1
Eisenoxyd	25,4
Ceroxyd	33,9
Kalkerde	9,2
Flüchtige Theile	4,0
	<hr/>
	112,0.

Außerdem gab er noch einen Gehalt von 7,2 Proc. eines neuen Metalloxyds an, welches er Junoniumoxyd nannte. Spätere Untersuchungen haben jedoch diese Angaben nicht bestätigt. Allan zu Ehren nannte Thomson dies Mineral Allanit. Was die Krystallform desselben betrifft, so ist sie, nach ihm, ein rhombisches Prisma von  $117^\circ$ . Allan hatte früher einen Winkel von  $120^\circ$  angegeben. Haidinger <sup>2)</sup> beschreibt einen großen, aber aufgewachsenen Krystall des Allanits als zum 1- und 1gliedrigen Krystallsystem gehörig, und giebt die Winkel, unter denen sich die senkrechten Prismenflächen schneiden, zu  $129^\circ$ ,  $115^\circ$  und  $116^\circ$  an, welche beiden letzteren Winkel der Abstumpfung der scharfen Seitenkante angehören. Das specifische Gewicht des Minerals fand Thomson sehr verschieden, von 3,119 bis 4,001. v. Leonhard <sup>3)</sup> giebt die spec. Schwere, nach einer Wägung von Kopp, zu 3,495 an. Die unvollkommene Kenntniß von der chemischen Zusammensetzung dieses Minerals, welche man etwa im Jahre 1808 durch Thomson erhielt, blieb lange Zeit hindurch die einzige, bis endlich 1834 Stromeyer <sup>4)</sup> das Mineral einer neuen

1) *Transact. of the royal society of Edinburgh, Vol. VI Part. II.*

2) Ebendaselbst, 1825.

3) Leonhard und Selb's, mineralogische Studien, I.

4) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXII S. 288..

chemischen Untersuchung unterwarf. Drei sehr wohl übereinstimmende Analysen gaben im Mittel folgendes Resultat:

Kieselerde	33,02
Thonerde	15,22
Eisenoxydul	15,10
Ceroxydul	21,60
Manganooxydul	0,40
Kalk	11,08
Wasser	3,00
	<hr/> 99,42.

Außerdem hat Wollaston früher ein Mineral aus Mysore analysirt, welches Manche zum Allanit zählen. Ich werde jedoch später zeigen, daß es mit mehr Recht seinen Platz beim Cerin einnimmt.

Der *Cerin* wurde zuerst im Jahre 1811 von Hisinger <sup>1)</sup> beschrieben, der ihn auf der Bastnäs-Grube bei Riddarhyttan fand, woselbst er meist in dem ihm verwandten Cerit eingewachsen vorkommt. Das spec. Gewicht giebt Hisinger zu 3,77 bis 3,80 an, und die Zerlegung ergab:

Kieselerde	30,17
Thonerde	11,31
Eisenoxyd	20,72
Ceroxydul	28,19
Kalkerde	9,12
Kupferoxyd (zufällig)	0,87
Flüchtige Theile	0,40
	<hr/> 100,78.

Seit dieser Zeit ist keine zweite analytische Untersuchung mit diesem Minerale vorgenommen worden. Hinsichtlich der krystallographischen Kenntniß hat Hr. Prof.

1) *Kongl. Vetenskaps Acad. Handl. År 1811; und Journal de physique etc., Vol. LXXV p 239.*



G. Rose vor einigen Jahren eine Notiz darüber mitgeteilt. Er fand das Krystallsystem des Cerins 1- und 1axig. Ich will hier seine eigenen Worte anführen: »Es sind geschobene vierseitige Prismen von  $128^\circ$ , die an den scharfen und stumpfen Seitenkanten gerade abgestumpft sind (also vier Combinationskanten von  $154^\circ$  und vier von  $116^\circ$  haben) und an den Enden, aufer andern Flächen, mit zwei Zuschärfungen von  $110^\circ$  und  $70^\circ$  begränzt sind, die auf die Abstumpfungen der scharfen Seitenkanten gerade aufgesetzt sind.« Hr. Prof. G. Rose vermuthet daher mit vielem Grund, daß die Krystallformen des Allanits und Cerins dieselben seyen, indem sie sich mit Haidinger's ungefähren Messungen des Allanits sehr gut in Uebereinstimmung bringen lassen.

Hier will ich auch die Zusammensetzung des schon vorhin beim Allanit erwähnten Minerals von Mysore anführen, welches durch Wollaston <sup>2)</sup> analysirt worden ist. Derselbe fand darin:

Kieselerde	34,0
Thonerde	9,0
Eisenoxyd	32,0
Ceroxydul	19,8
	<hr/>
	94,8.

Der *Orthit* wurde von Berzelius <sup>3)</sup> etwa im Jahre 1815, zugleich mit vielen andern höchst interessanten Mineralien, in der berühmten Fundstätte von Finbo entdeckt. Derselbe fand sich hier in eigenthümlichen, strahlenförmigen Massen, welche von dem die Lagerstätte umgebenden Gneis ausgingen. Sein spec. Gewicht war 3,288 und seine Zusammensetzung:

1) Elemente der Krystallographie, von G. Rose, 1. Aufl. S. 165.

2) v. Leonhard's Handbuch der Oryktognosie, S. 482.

3) *Afhandl. i Fysik*, Bd. V S. 39.

Kieselerde	36,25
Thonerde	14,00
Eisenoxydul	11,42
Ceroxydul	17,39
Yttererde	3,80
Manganoxydul	1,36
Kalkerde	4,89
Wasser	8,70
	<hr/>
	97,81.

Später fand Berzelius <sup>1)</sup> dieses Mineral auch in einem Granitgange, nicht weit von Finbo, dem sogenannten »Gottliebsgange.« Zwei Analysen ergaben folgende Zusammensetzung des Orthits:

Kieselerde	32,00	32,18
Thonerde	14,80	14,81
Eisenoxydul	12,44	12,38
Ceroxydul	19,44	20,51
Yttererde	3,44	2,87
Manganoxydul	3,40	3,36
Kalkerde	7,84	7,96
Wasser	5,36	5,36
	<hr/>	<hr/>
	98,72	99,43. .

Längere Zeit nachher hat Wöhler <sup>2)</sup> den Orthit auch im Granite, in der Nähe von Stockholm, auf Skepsholmen, gefunden. Durch eine Analyse überzeugte er sich, daß er gleich dem vom Gottliebsgange zusammengesetzt sey. Doch giebt Wöhler zugleich an, daß der von ihm gefundene Orthit durchaus nicht jene Strahlenform zeige, die man anfänglich charakteristisch für den Orthit hielt, sondern in rundlichen Körnern von mehr oder weniger bedeutender Gröfse vorkomme.

1) *Afhandl. i Fysik*, Bd. V S. 42.

2) *Zeitschrift für Mineral.* von K. C. v. Leonhard, Bd. I S. 246.

Die neuesten Analysen über Orthit sind von Berlin <sup>1)</sup> angestellt worden. Es war die eine zu Ytterby vorkommende Varietät, welche er folgendermaßen zusammengesetzt fand:

Kieselerde	36,24	33,60
Thonerde	8,18	12,58
Yttererde	29,81	20,83
Ceroxydul	4,98	4,56
Eisenoxydul	9,06	13,48
Kalkerde	5,48	9,59
Talkerde	0,61	1,60
Wasser	4,59	3,34
	<hr/> 98,95	<hr/> 99,58.

Außerdem giebt Berlin noch einen Gehalt von 0,61 und 0,62 Kali und Natron an, der aber wohl von beigemengter Gebirgsart herrühren dürfte. Berzelius glaubt, daß diese beiden Abarten nur mit Gadolinit gemengter Orthit seyen; ich werde jedoch später zeigen, daß hierüber auch eine andere Ansicht mit Wahrscheinlichkeit aufgestellt werden kann.

Der *Gadolinit* wurde von Arrhenius zu Ytterby entdeckt. Geyer <sup>2)</sup> machte hierüber im Jahre 1788 eine kurze Mittheilung, in welcher er die äußern Kennzeichen dieses Fossils beschrieb. Der erste, welcher dasselbe analysirte, war Gadolin <sup>3)</sup>. Er fand darin:

Kieselerde	31
Thonerde	19
Eisenoxyd	12
Yttererde	38
	<hr/> 100

1) Berzelius Jahresbericht, Jahrgang 17, S. 221.

2) v. Crell's Annalen der Chemie, Bd. I S. 329.

3) *Vetenskaps Acad. Handl.* 1794, Th. II S. 137.

wobei er zugleich die Eigenthümlichkeit der Yttererde, als einer neuen Erdart, aussprach.

Darauf war es Ekeberg <sup>1)</sup>, welcher den Gadolinit von Ytterby einer analytischen Untersuchung unterwarf, und dabei folgendes Resultat erhielt:

Kieselerde	25
Thonerde	4½
Eisenoxyd	18
Yttererde	47½
	<hr/>
	100.

Dies Resultat weicht bedeutend von dem vorigen ab; jedoch ist auf letzteres das meiste Gewicht zu legen, da es mit sehr reinen Stücken angestellt wurde. Die vollständigste Untersuchung dieses Minerals in älterer Zeit hat Klaproth <sup>2)</sup> unternommen. Er setzte es zugleich durch seine Versuche außer Zweifel, daß die Yttererde wirklich eine eigenthümliche Erde sey, da man bisher ihre Selbstständigkeit, besonders wegen ihrer großen Aehnlichkeit mit der Beryllerde, stark angefochten hatte. Das Resultat seiner quantitativen Untersuchung stimmt jedoch nur wenig mit dem von Ekeberg überein:

Kieselerde	21,25
Thonerde	0,50
Eisenoxyd (schwarzes)	17,50
Yttererde	59,75
Wasser	0,50
	<hr/>
	99,50.

Diese drei angeführten Analysen haben wohl nur noch ein historisches Interesse, aber sie sind keineswegs geeignet, um einen genauen Schlufs auf die chemische Constitution dieses Minerals zu machen. Das Ceroxydul ist

1) *Vetensk. Acad. Handl.*, År 1797, S. 156, und 1802 S. 76.

2) Klaproth's Beiträge u. s. w. Bd. III S. 52.

in allen dreien übersehen und nicht von der Yttererde getrennt worden, was auch nicht wohl geschehen konnte, da die Eigenschaften desselben zu dieser Zeit nur erst sehr unvollkommen bekannt waren.

Berzelius <sup>1)</sup> verdanken wir die erste genaue und vollständige Kenntniss dieses seltenen Mineralkörpers. Er untersuchte davon drei Varietäten, von Brodbo, Finbo und Kårarfvet, deren chemische Zusammensetzung ich hier anführen will:

	Von Finbo.	Von Brodbo.
Kieselerde	25,80	24,16
Yttererde	45,00	45,93
Ceroxydul	16,69	16,90
Eisenoxydul	10,26	11,34
Wasser	0,60	0,60
	<hr/> 98,35	<hr/> 98,93.

	Von Kårarfvet.	
Kieselerde	29,20	29,18
Beryllerde	1,70	2,00
Yttererde	47,62	47,30
Eisenoxydul	8,30	8,00
Ceroxydul	3,40	3,40
Kalkerde	3,47	3,15
Manganoxydul	1,42	1,30
Wasser	5,20	5,20
	<hr/> 100,31	<hr/> 99,53.

Der Gadolinit von Kårarfvet ist also dadurch vor den übrigen ausgezeichnet, daß Beryllerde in ihm auftritt, die nachher öfter in den Gadoliniten von verschiedenen Fundorten angegeben worden ist. So fanden sie Thomson und Steele <sup>2)</sup> in einer Gadolinitart von unbekanntem Fundorte:

1) Berzelius, *Afhandl. i Fysik etc.* Bd. IV S. 148 und 389.

2) *Records of Science*, Juni 1835.

Kieselerde	24,33
Beryllerde	11,60
Yttererde	45,00
Ceroxydul	4,33
Eisenoxydul	13,59
Wasser	0,90
	<hr/>
	99,75.

Demnächst hat A. Connell <sup>1)</sup> einen Gadolinit von Fahlun untersucht, und giebt seine Zusammensetzung folgendermaßen an:

Kieselerde	27,10
Beryllerde	5,90
Yttererde	36,54
Ceroxydul	14,31
Eisenoxydul	14,41
Kalkerde	0,45
	<hr/>
	98,71.

Da die Yttererde so viele Eigenschaften mit der Beryllerde gemein hat, und so leicht mit dieser verwechselt werden kann, so bezweifelte Berzelius, daß es mit einem so großen Gehalt an Beryllerde, wie ihn die beiden letzten angeführten Analysen angeben, seine Richtigkeit habe. Berlin <sup>2)</sup> hat deshalb den Gadolinit von Ytterby mit besonderer Rücksicht auf die Beryllerde untersucht. Ich gebe hier die Resultate seiner Analysen:

Kieselerde	25,62	25,26
Thonerde	0,48	0,28
Yttererde	50,00	45,53
Ceroxydul	7,90	6,08
Eisenoxydul	14,44	20,28
Kalkerde	1,30	0,50
Talkerde	0,54	0,11
Kali und Natron	0,37	0,41
	<hr/>	<hr/>
	100,65	98,45.

1) *Edinburgh New Philosophical Journal*, Vol. XX p. 300.

2) Berzelius, Jahresbericht, Jahrgang 17, S. 221.

Der Gadolinit von Ytterby hält also hiernach keine Beryllerde. Die Abweichung beider Analysen, namentlich im Yttererdegehalt, liegt vielleicht nur in der Isomorphie einiger Bestandtheile.

Trotz der verschiedenen Untersuchungen über die vier hier in Rede stehenden Mineralien ist man bis jetzt dennoch zu keiner genauen Kenntniss ihrer chemischen Constitution gekommen. Einige Mineralogen rechnen den Cerin zum Allanit, andere den Allanit zum Orthit. Kurz, dass alle drei Fossilien verwandt seyen, darüber ist man einig; allein durch ihre Zusammensetzung wird diese Verwandtschaft bis jetzt noch nicht genügend dargethan. Beim Gadolinit ist das Auftreten der Beryllerde ein Räthsel, welches verhindert für dessen Zusammensetzung eine Formel zu bilden. In dem Folgenden werde ich nun darthun, in wiefern meine Arbeiten zur genaueren Kenntniss dieser Mineralien beigetragen haben.

### Aeusere Charakteristik der untersuchten Mineralien.

Die von mir untersuchten Mineralien sind, mit Ausnahme von einem (des Cerins von der Bastnäs-Grube bei Riddarhyttan), von bisher unbekannt gewesenen Fundorten, und ich glaube daher schuldig zu seyn, ausser den Resultaten meiner Analysen, auch die äusseren Kennzeichen derselben anzugeben, damit zwischen ihnen und den ähnlichen Mineralien bekannter Fundstätten auch in dieser Hinsicht Vergleiche angestellt werden können. Ich werde hierbei diese Mineralien sogleich unter denjenigen Namen aufführen, zu welchem mich die weiter hinten angeführten Resultate meiner Analysen berechtigt haben.

## I. Orthit von Fillefjeld.

**Fundort.** Eine genauere Bezeichnung des Ortes, wo dieß Mineral angetroffen wird, als die Angabe eines grossen Gebirgrückens, bin ich leider nicht im Stande zu geben. Ein reines Stück dieses Minerals, von einigen Kubikzollen Inhalt, befindet sich auf der Mineraliensammlung der Universität zu Christiania, jedoch ist über dasselbe weiter nichts bekannt, als dafs es von Fille-Fjeld sey.

**Farbe.** Pechschwarz.

**Farbe des Pulvers.** Grau.

**Aeussere Gestalt.** Massig, ohne Spuren von Krystallinität.

**Glanz.** Glasglanz, sich zum Fettglanze neigend.

**Bruch.** Unvollkommen muschlig.

**Durchsichtigkeit.** Nur in den feinsten Splittern schwachgrau durchscheinend.

**Härte.** Sehr nahe der des Feldspaths.

**Zusammenhang der Theile.** Spröde.

**Specifisches Gewicht.** 3,63 bis 3,65.

**Verhalten vor dem Löthrohre.** Unter schwachem Blasenwerfen zur schwarzen, glasigen Kugel schmelzend. Mit den Flüssen einen Gehalt von Kieselerde und Eisen zeigend.

**Vorkommen.** An dem erwähnten Stücke befindet sich keine Gebirgsart, welche einen Schluß auf das Vorkommen dieses Minerals erlaubte.

## II. Allanit von Jotun-Fjeld.

**Fundort.** Dieses Mineral kommt in einer der grossartigsten Gebirgsgegenden Norwegens vor. Es findet sich an den Ufern des Bygdin-Vand (Bygdin-Wasser), eines Sees, welchen man erst in der neusten Zeit geographisch vermessen und auf Karten verzeichnet hat, obgleich er über 4 Meilen lang und an einzelnen Stellen über eine



halbe Meile breit ist. Der Bygdin-See liegt etwa 3500 Fuß über der Meeresfläche, zwischen Jotun-Fjeld und Net-Fjeld, an der östlichen Seite des großen Gebirgskammes, der sich von Dovre-Fjeld nach Süden zieht. Eine große Anzahl Gebirgswässer stürzen sich von den umliegenden, bis zu 7000 Fuß ansteigenden Schneegebirgen und Gletschern in den See, und unter diesen ist es der westlichste, auf der Nordseite des Sees, Mjelka-Elf (Milch-Fluss), an dessen Mündung in den Bygdin-See sich der Allanit findet. Der Fluss führt deswegen seinen Namen, weil eine große Menge von hinter einander folgenden Wasserfällen sein Wasser fast in Schaum verwandeln, und ihm daher in der Ferne das Ansehen eines weißen Streifens verleihen. Hr. Prof. Keilhau entdeckte dies Mineral hier vor etwa 20 Jahren, als er bei der Vermessung des Sees zugegen war, und brachte einige Probestücke davon mit. Das Interessante der Gegend und des Vorkommens desselben veranlassten mich eine Reise dahin zu unternehmen.

*Farbe.* Pechschwarz.

*Farbe des Pulvers.* Hell grünlichgrau.

*Aeußere Gestalt.* In rundlichen und länglich rundlichen Körnern einsitzend. Ohne Krystallinität.

*Glanz.* Glasartig, in's Fettige.

*Bruch.* Unvollkommen muschlig.

*Durchsichtigkeit.* Nur in den feinsten Splittern hell grünlichgrau durchscheinend.

*Härte.* Anscheinend ein wenig härter als Feldspath.

*Zusammenhang der Theile.* Spröde.

*Specifisches Gewicht.* 3,53 bis 3,54.

*Verhalten vor dem Löthrohr.* Gleich dem vorigen.

*Vorkommen.* In einem porphyrtigen Gestein, welches das Bette des Mjelka-Elf bildet, setzen gangartige Adern auf (die ich jedoch nicht für wirkliche Gänge in Anspruch nehme) <sup>1)</sup>, welche fast rechtwinklich die Rich-

1) Ich halte sie von ähnlicher Natur, wie jene Mineralausscheidung zu

tung des Flusses durchschneiden. Dieselben bestehen aus einer dichten, zuweilen feinkörnigen Grundmasse, von weißlicher Farbe mit fleischrothen Streifen durchzogen. Ich hielt sie anfangs für dichten Feldspath. Da aber die Auflösung des durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron aufgeschlossenen Minerals keine Kalireaction zeigte, so ist es wahrscheinlich, daß sie aus dichtem Albit besteht. In einer dieser Adern, welche man durch ihre hellere Farbe schon in der Entfernung vom Nebengesteine unterscheidet, kommt nun der Allanit eingesprengt vor. Er bildet hier verschiedenartig gestaltete Körner, welche zuweilen reihenförmig, mehr oder weniger jenen fleischrothen Streifen folgend, angeordnet sind, und gleichsam hierdurch eine Neigung zur Strahlenbildung zeigen, ähnlich der des Orbits vom Gottliebs-Gang. Die Größe der Körner ist verschieden, doch fand ich keins viel über Haselnufsgröße. Sie sind zuweilen von ganz feinkörnigem Magneteisenstein umgeben, der überhaupt viele der kleineren Körner so innig durchdringt, daß man ihn nur durch Pulvern des Minerals und Ausziehen mit dem Magnete von demselben trennen kann. Außer dem Allanit finden sich noch kleine, höchstens linienlange Krystalle sparsam eingesprengt, welche, den äußern Kennzeichen zufolge, Zirkone sind. Der Ort der Verbreitung des Allanits, im Verhältniß zur Länge jener gangartigen Ader, ist nur von geringem Umfange. Ich löste durch einen einzigen, gut angebrachten Schuß fast die ganze Gesteinsmasse ab, in der er eingesprengt war. Es ist aber höchst wahrscheinlich, daß wenn man den Mjelka-Elf bis zu seiner Quelle verfolgte, oder in den umliegenden Gebirgen suchte, man noch mehr Fundorte desselben antreffen würde. Leider wurde ich durch anhaltendes Regenwetter verhindert in dieser unwirthbaren Einöde, fast

Fossum, welche ich im 49. Bande von Poggendorff's Annalen beschrieben habe.

10 Meilen von der nächsten menschlichen Wohnung entfernt, längere Untersuchungen anzustellen.

### { III. Allanit von Snarum.

*Fundort.* Ich fand dieses Mineral etwa eine Viertelmeile von dem bekannten Fundorte des Rutils und Apatits auf Snarum entfernt. Es scheint sich nur in sehr geringer Menge zu finden.

*Farbe.* Pechschwarz, in's Bräunliche ziehend.

*Farbe des Pulvers.* Grau.

*Aeusssere Gestalt.* In eckigen Körnern, welche durch die sie begrenzenden Albitkrystalle ihre Form erhalten, und ihnen zuweilen einen Anschein von Krystallinität geben, wenn jene Krystalle ausgebrochen sind.

*Glanz.* Matter Fettglanz, nur wenig glasartig.

*Bruch.* Uneben in's Körnige.

*Durchsichtigkeit.* Völlig undurchsichtig.

*Härte.* Wenig von der des Feldspaths verschieden.

*Zusammenhang der Theile.* Bröcklich.

*Specifisches Gewicht.* 3,79.

*Verhalten vor dem Löthrohr.* Zur schwarzen glasischen Perle schmelzbar. Mit den Flüssen auf Kieselerde und Eisen reagirend.

*Vorkommen.* In einer Ausscheidung von krystallisiertem Albit, zugleich mit Krystallen von Quarz, grüner Hornblende und Apatit. Die Apatitkrystalle sind von ziemlich bedeutender Grösse, zuweilen über 1 Zoll lang und breit, und sind durch die stark ausgebildeten hexagonalen Pyramidenflächen ausgezeichnet.

### IV. Cerin von Riddarhyttan.

Zur Vergleichung will ich die meist schon bekannten Eigenschaften dieses Minerals hier anführen.

*Farbe.* Bräunlich schwarz.

*Farbe des Pulvers.* Graubraun, ziemlich dunkel.

*Aeussere Gestalt.* Krystallinische Massen und Krystalle; letztere besonders in Kupferkies eingewachsen.

*Glanz.* Matter Fettglanz.

*Bruch.* Uneben körnig, in's Muschlige.

*Durchsichtigkeit.* Selbst in den feinsten Splittern nicht durchscheinend.

*Härte.* Der des Feldspaths nahe.

*Zusammenhang der Theile.* Weniger bröcklich als der Allanit von Snarum.

*Specifisches Gewicht.* Nach Hisinger 3,77 bis 3,80.

*Verhalten vor dem Löthrohr.* Unter Kochen zur schwarzen, glasigen Kugel schmelzend, und mit den Flüssigkeiten auf Eisen und Kieselerde reagirend.

*Vorkommen.* Meist im Cerit eingewachsen, mit Hornblende und Kupferkies.

#### V. Gadolinit von Hitterön.

*Fundort.* Hr. Prof. Keilhau fand dieß Mineral auf Hitterön, einer Insel bei Flekkefjord, im südlichen Norwegen. Es ist dieß derselbe Ort, welcher den Mineralogen schon als einzige Fundstätte der phosphorsäuren Yttererde bekannt ist. Auch Orthit soll sich hier finden. Es bietet also diese Insel eine sehr reiche Quelle yttererdehaltiger Fossilien dar.

*Farbe.* Pechschwarz.

*Farbe des Pulvers.* Grüngrau.

*Aeussere Gestalt.* Das Stück, welches sich auf der Universitätssammlung zu Christiania befindet, ist völlig gediegen, ohne fremde Beimengungen. Es mag etwa einige Pfunde wiegen, und möchte wohl das grösste bisher gefundene Exemplar dieser Art seyn. Spuren von Krystallinität sind nicht daran zu bemerken.

*Glanz.* Glasglanz, etwas fettartig.

*Bruch.* Muschlig.

*Durchsichtigkeit.* In Splittern grüngrau durchscheinend.

*Härte.* Etwas härter als Feldspath.

*Zusammenhang der Theile.* Spröde.

*Specifisches Gewicht.* 4,35.

*Verhalten vor dem Löthrohr.* Unschmelzbar; Kiesel- und Eisengehalt zeigend.

*Vorkommen.* An dem erwähnten Stück befindet sich kein Nebengestein. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß dieser Gadolinit, gleich der phosphorsauren Yttererde, in Granit eingewachsen vorkommt.

(Schluß im nächsten Heft.)

## IX. *Verbesserung des Marsh'schen Apparats; von den HH. Käppelin und Kampmann in Colmar.*

Ein gerades, 0,01 Mm. weites Rohr geht in eine zweihalsige Flasche, die Zink enthält; aus dem zweiten Halse führt eine gebogene Röhre in ein Rohr mit Chlorcalcium, und an diesem sitzt eine dritte, 0,005 Mm. weite Röhre, die am Ende ausgezogen, und durch die beiden Löcher eines steigbügelförmigen Kupferblatts gesteckt ist. Dadurch kann man diese Röhre auf eine Länge von etwa 5 Centm. mittelst der Weingeistlampe erhitzen. Beim Gebrauch schüttet man erst verdünnte Salzsäure durch die gerade Röhre hinein, und erhitzt, wenn alle Luft ausgetrieben worden, die enge Röhre zum Glühen. Durch Anzünden des ausströmenden Gases ermittelt man, ob die angewandten Reagenzien arsenikfrei seyen. Hierauf schüttet man in die Flasche: 1) abermals verdünnte Salzsäure, 2) die auf Arsenik verdächtige Flüssigkeit, 3) Salzsäure, 4) die erwähnte Flüssigkeit, und so fort. Wie wenig Arsenik auch vorhanden seyn mag, so sammelt es sich doch in dem Theil der 0<sup>m</sup>,005 weiten Röhre, der nicht erhitzt worden, und zugleich kann man durch Entzünden des ausströmenden Gases und Vorhalten einer Porcellanplatte ermitteln, ob alles Arsenikwasserstoff zer-  
setzt worden. (*Compt. rend. T. XI p. 926.*)

---

X. *Ueber das Arsenikwasserstoffgas;*  
*von Heinrich Rose.*

---

**E**s ist bekannt, daß das Arsenikwasserstoffgas von allen metallischen Auflösungen besonders leicht durch eine Auflösung von Quecksilberchlorid zersetzt wird, und daß man sich deshalb derselben bedient, sowohl um jede Spur von Arsenikwasserstoffgas zu zerstören, als auch um die Gegenwart dieses Gases anzuzeigen.

Die Zusammensetzung dieses Niederschlags ist indessen ganz unbekannt, und die Eigenschaften, welche man demselben zuschreibt, gewöhnlich unrichtig angegeben worden. Soubeiran thut seiner in der Arbeit über Arsenikwasserstoffgas fast gar nicht Erwähnung <sup>1)</sup>, und Stromeyer scheint der einzige gewesen zu seyn, welcher ihn untersucht hat. Nach ihm bildet das Arsenikwasserstoffgas mit einer Quecksilberchloridauflösung arsenichte Säure und Quecksilberchlorür, und endlich ein Amalgam von Quecksilber und Arsenik.

Das Arsenikwasserstoffgas, welches ich zu meinen Versuchen gebrauchte, entwickelte ich aus einer gewöhnlichen Entbindungsflasche in der Kälte mittelst metallischen Zinks, arsenichter Säure und verdünnter Chlorwasserstoffsäure. Ehe das Gas in eine Auflösung von Quecksilberchlorid geleitet wurde, mußte es durch eine mit Chlorcalcium angefüllte Röhre strömen. Da eine Auflösung von Quecksilberchlorid durch reines Wasserstoffgas nicht verändert wird, so konnte die Beimengung dieses Gases keinen Einfluß auf die Zusammensetzung des Niederschlags ausüben.

In der Quecksilberchloridauflösung entsteht durch hineingeleitetes Arsenikwasserstoffgas ein gelber Nieder-

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XIX S. 191.

schlag, der einen Stich in's Bräunliche hat, und sich dadurch von der Fällung unterscheidet, welche durch Einwirkung von Phosphorwasserstoffgas auf Quecksilberchloridauflösungen entsteht. Nach dem Filtriren, Aussüßen mit kaltem Wasser und schnellen Trocknen im luftleeren Raume über Schwefelsäure sieht der Niederschlag braungelb aus.

Wird bei der Erzeugung des Niederschlages nicht die ganze Menge des Quecksilberchlorids zersetzt, sondern leitet man weniger Arsenikwasserstoffgas in die Auflösung desselben, als zur vollständigen Zersetzung nothwendig ist, so schützt der Ueberschuß des aufgelösten Salzes den Niederschlag sehr gegen die Zersetzung vermittelt des Wassers. Findet indessen der entgegengesetzte Fall statt, hat man alles Quecksilber aus der Auflösung durch ein Uebermaafs von Arsenikwasserstoffgas gefällt, hat man besonders eine verdünnte Auflösung angewandt, so wird der entstandene Niederschlag leichter zersetzt. Durch Aufbewahrung unter vielem Wasser in einer verschlossenen Flasche, nachdem er ausgesüßt worden ist, wird er schwarz, und besteht endlich aus bloßen Quecksilberkügelchen. Die über diesen stehende Flüssigkeit giebt mit salpetersaurer Silberoxydauflösung einen Niederschlag von Chlorsilber, und nach Abscheidung desselben und Sättigung mit Ammoniak eine gelbe Fällung von arsenichtsauem Silberoxyd. Werden zu der Flüssigkeit einige Tropfen Chlorwasserstoffsäure hinzugefügt, so entsteht durch Schwefelwasserstoffwasser sogleich eine gelbe Fällung von Schwefelarsenik.

Der Niederschlag zersetzt sich also durch eine lange dauernde Einwirkung von vielem Wasser in Quecksilber, in arsenichte Säure und in Chlorwasserstoffsäure.

Diese Zersetzung ist vollkommen ähnlich der, welche durch Wasser in dem Niederschlag bewirkt wird, der in Quecksilberchloridauflösungen durch Phosphorwasserstoffgas erzeugt wird. Dieser zerfällt dadurch in

Quecksilber; in phosphorichte Säure und in Chlorwasserstoffsäure <sup>1)</sup>). Es geschieht jedoch diese Zersetzung schneller, als es bei der durch Arsenikwasserstoffgas gebildeten Fällung der Fall ist.

Die durch Wasser bewirkte ähnliche Zersetzung beider Niederschläge setzt auch eine Aehnlichkeit in der Zusammensetzung voraus; eine Vermuthung, welche sich durch eine quantitative Analyse bestätigte.

1,225 Grm. des Niederschlages wurden mit verdünnter Salpetersäure bei sehr gelinder Erwärmung behandelt; sie wurden dadurch in 1,069 Grm. Quecksilberchlorür verwandelt, das bei einer quantitativen Untersuchung sich vollkommen so zusammengesetzt zeigte, wie es der Berechnung nach besteht. Die verdünnte Salpetersäure verhält sich also gegen diesen Niederschlag wie gegen den durch Phosphorwasserstoffgas in Quecksilberchloridauflösung erzeugten. — Durch die Einwirkung der Salpetersäure auf Quecksilberchlorür, obgleich jene im verdünnten Zustand angewandt wurde, war eine kleine Menge von Quecksilberchlorid entstanden, die vom Quecksilberchlorür getrennte Flüssigkeit gab daher eine geringe Fällung von Chlorsilber vermittelt einer salpetersauren Silberoxydauflösung; sie betrug 0,022 Grm., welche 0,036 Grm. Quecksilberchlorür entsprechen. Die ganze Menge des aus dem Niederschlage erzeugten Quecksilberchlorürs würde daher 1,105 Grm. betragen haben. Diese entsprechen 76,80 Proc. Quecksilber und 13,43 Proc. Chlor in der Verbindung.

Es ergibt sich aus diesen Angaben, daß der Niederschlag aus Quecksilberchlorid und einem Arsenikquecksilber besteht, welches dem Arsenikwasserstoff entsprechend zusammengesetzt ist ( $2\text{As} + 3\text{Hg}$ ). Eine nach der Formel  $\text{As}^2\text{Hg}^3 + \text{Hg}^3\text{Cl}^3$  berechnete Zusammensetzung enthält im Hundert:

1) Poggendorff's Annalen, Bd. XXXX S. 80.



Quecksilber	77,00
Chlor	13,47
Arsenik	9,53
	<hr/>
	100,00.

Der durch Arsenikwasserstoffgas in Quecksilberchloridauflösungen erzeugte Niederschlag unterscheidet sich in seiner Zusammensetzung von dem durch Phosphorwasserstoffgas darin bewirkten wesentlich dadurch, daß jener wasserfrei ist, dieser aber 3 Atome Wasser enthält. Dies ist der Grund, warum beide Niederschläge sich bei erhöhter Temperatur ganz verschieden verhalten. Der aus Phosphor- und Chlorquecksilber bestehende enthält so viel Wasser, daß dadurch die ganze Menge des Chlors in Chlorwasserstoff, das bei der Erhitzung gasförmig entweicht, und der Phosphorgehalt in phosphorichte Säure, welche durch die erhöhte Temperatur in Phosphorsäure sich zersetzt, verwandelt wird.

Die durch Arsenikwasserstoffgas in Quecksilberchloridauflösung gebildete Fällung giebt hingegen durch's Erhitzen nichts Gasförmiges, wohl aber sublimirt sie vollständig, wobei sie in Quecksilberchlortür und in metallisches Arsenik zersetzt wird. Es sublimirt dabei eine kleine Menge einer gelbröthlichen Substanz, welche aus Quecksilber, Chlor und Arsenik besteht und vielleicht unzersetzte Substanz seyn kann. Bisweilen zeigt sich im Sublimat eine geringe Menge von metallischem Quecksilber.

Durch die Zusammensetzung des Niederschlages, welcher in Quecksilberchloridauflösungen durch Arsenikwasserstoffgas entsteht, so wie durch das Verhalten desselben gegen Wasser und verdünnte Salpetersäure, wird die Zusammensetzung jenes Gases, wie sie von Dumas und Soubeiran angegeben ist, vollkommen bestätigt.

Ich habe viele Versuche mit dem Niederschlage angestellt, welcher durch *Antimonwasserstoffgas* in Quecksilberchloridauflösungen hervorgebracht wird. Dieser hat

eine andere Zusammensetzung, als der, welcher durch Phosphor- und Arsenikwasserstoffgas in jener Auflösung sich erzeugt, woraus man auf eine Zusammensetzung des Antimonwasserstoffgases schliessen kann, welche von der des Phosphor- und Arsenikwasserstoffgases abweicht. Ich werde später meine Versuche hierüber bekannt machen.

---

# **XI. Untersuchungen über das Brechvermögen einiger Flüssigkeiten;**

*von HH E. Becquerel und A. Cahours.*

*(Compt. rend. T. VI p. 867.)*

---

Die Resultate, welche wir gegenwärtig die Ehre haben der Academie vorzulegen, sind nur der Anfang einer sehr ausgedehnten Arbeit, die wir über das Refractions- und Dispersionsvermögen von Flüssigkeiten unternommen haben. Da die bisher bestimmten Brechverhältnisse meistens nur für Körper von nicht genau ermittelter Zusammensetzung gelten, so haben wir geglaubt, diese Aufgabe wieder vornehmen zu müssen, und zwar bei solchen Körpern, deren Zusammensetzung durch die Chemiker wohl festgestellt ist. Wir haben uns eine große Zahl von Flüssigkeiten verschafft, deren einige wohl bestimmte Reihen bilden; wir geben heute von diesen Flüssigkeiten die mittleren Brechverhältnisse, die, mit Genauigkeit bestimmt, vielleicht zu einigen Relationen über die Zusammensetzung dieser Körper führen werden.

Dr. Brewster, der eine sehr große Zahl von Brechverhältnissen, jedoch häufig von unreinen Körpern, bestimmt hat, bediente sich eines sehr bequemen Verfahrens, das wir mit einigen sogleich anzugebenden Abänderungen befolgt haben.

Das Verfahren des Hrn. Brewster besteht darin,

dafs unter das Objectiv eines Mikroskops, und dasselbe berührend, eine recht ebene Glasplatte gelegt, und hierauf zwischen beide ein Tropfen der auf ihr Brechverhältnifs zu untersuchenden Flüssigkeit gebracht wird. Es bildet sich dann unter dem Objectiv eine plan-concave Linse der Flüssigkeit, welche bewirkt, dafs man die Stelle eines Körpers, dessen Bild immer an demselben Punkt erscheinen soll, verändern mufs. Bezeichnet man dann mit  $n$  und  $n'$  die Brechverhältnisse zweier Flüssigkeiten für den Uebergang des Lichts aus Luft in diese Körper, mit  $D$ ,  $d$ ,  $d'$  die Abstände, vom Objectiv an gerechnet, in welche man ein Object versetzen mufs, damit es unter dem Mikroskop gesehen werde, wenn zwischen dem Objectiv und der Platte folgwiese Luft und eine der beiden Flüssigkeiten befindlich ist, so hat man die leicht zu findende Formel:

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{\frac{1}{D} - \frac{1}{d}}{\frac{1}{D} - \frac{1}{d'}} = \frac{1 - \frac{D}{d}}{1 - \frac{D}{d'}}.$$

Man kann auf diese Weise nur das Brechverhältnifs einer Flüssigkeit in Bezug auf das einer anderen finden.

Wir haben dies Verfahren so abgeändert, dafs wir, statt der Abstände  $D$ ,  $d$ ,  $d'$ , die Anzahl  $P$ ,  $p$ ,  $p'$  der Abtheilungen an einem auf dem Objectträger befindlichen Mikrometer suchten, die zwischen zwei festen Strichen eines im Brennpunkt des Oculars vorhandenen Mikrometers begriffen sind. Diese Zahlen sind, wie leicht zu erweisen, den vorherigen proportional, so dafs auch:

$$\frac{n-1}{n'-1} = \frac{1 - \frac{P}{p}}{1 - \frac{P}{p'}}.$$

Sie haben überdies den Vortheil, sich rascher und vielleicht genauer beobachten zu lassen.

Die Flüssigkeit, auf welche wir die Brechungsverhältnisse bezogen haben, ist destillirtes Wasser; als mittleres Brechverhältniß für dasselbe haben wir  $n = \frac{4}{3} = 1,333$  gesetzt.

Man kann übrigens diese Zahl geradezu bestimmen. Dazu braucht man nur zwischen das Mikroskop und den zu betrachtenden Gegenstand einen flüssigen Schirm mit parallelen Flächen einzuschieben. Man muß alsdann, wie leicht zu erweisen, den Gegenstand senken, um ihn noch in dem Mikroskop zu sehen; denn die Lichtstrahlen, obwohl noch parallel aus dem Schirm hervortretend, erleiden eine Ablenkung aus ihrer ursprünglichen Richtung. Bezeichnet man also mit  $e$  die Dicke des Schirms, und mit  $d$  die Gröfse, um die man den Gegenstand aus seiner ursprünglichen Lage entfernen muß, so hat man:

$$d = e \left( \frac{n-1}{n} \right),$$

worin  $n$  das Brechungsverhältniß. Diese sehr einfache Formel kann auch direct das Brechverhältniß eines starren Körpers geben.

Bei Anwendung dieser Methode auf destillirtes Wasser fanden wir, als  $e = 10$  Mm. war,  $d = 2,502$  Mm. Man hat also:

$$\frac{n-1}{n} = 0,2502, \text{ und daraus } n = 1,3336,$$

d. h.  $n = \frac{4}{3}$ , da der Unterschied von 0,003 hier nichts bedeuten will.

Am Schlusse dieser Notiz haben wir die mit Hülfe des ersten Verfahrens erhaltenen Resultate in einer Tafel zusammengestellt. Aus ihr ergibt sich Folgendes:

1) Körper von gleicher Zusammensetzung, und, im flüssigen Zustande, wenig verschiedener Dichtigkeit, besitzen ein zwischen enge Gräenzen eingeschlossenes Brechverhältniß, während dieses dagegen mit der Verdichtung der Substanz wächst (z. B. beim Terpenthinöl und Colophen).

2) Die flüssigen Kohlenwasserstoffe, von gleicher Dichte, haben ein desto beträchtlicheres Brechvermögen als der Kohlenstoff darin mehr angehäuft ist. So z. B. besitzt das Retinolēn ( $C_{32}H_{52}$ ) ein weit größeres Brechverhältniß als das Cetēn ( $C_{32}H_{64}$ ), welches, obwohl im flüssigen Zustande an Dichte wenig verschieden von ihm, doch weit weniger Kohlenstoff enthält.

3) Bei Flüssigkeiten, bestehend aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff, sind Brechverhältnisse und Brechvermögen desto beträchtlicher, als die Substanz weniger Sauerstoff enthält, vorausgesetzt, daß die Dichtigkeit dieser Körper nicht sehr verschieden ist. Wenn aber die Dichtigkeit sehr variirt, kann das Gegentheil eintreten, was offenbar beweist, daß die Dichtigkeit des Körpers im flüssigen Zustande ein Element von großem Einflusse ist. Der Cumin-Aether, welcher in 100 weniger Sauerstoff enthält als der Benzoëäther, besitzt ein geringeres Brechverhältniß als der letztere; allein beim ersteren ist auch die Dichte geringer als die des Wassers, bei letzterem dagegen größer. Aehnliches gilt vom Essigäther und Oxaläther.

4) Bei isomeren und im flüssigen Zustand fast gleiche Dichtigkeit besitzenden Körpern, wie z. B. dem essigsauren Methylen und dem Ameisenäther, sind auch die Brechverhältnisse identisch.

5) In dem Maasse als bei Körpern von derselben Familie das Chlor, Brom oder Jod sich anhäuft, wächst das Brechverhältniß, vielleicht wegen Zunahme der Dichtigkeit dieser Körper im flüssigen Zustande.

6) Endlich haben wir beobachtet, daß noch ein anderes Element einen sehr merkbaren Einfluß auf das Brechverhältniß ausübt, nämlich die Dickflüssigkeit der Substanz, dies erhellt auch aus den Beobachtungen des Hrn. Henri Deville über die Chlorovalerisinsäure und Chlorovalerosinsäure.

Wir haben untersucht, ob bei Gemengen solcher Flüs-

sigkeiten, die ohne chemische Einwirkung auf einander sind, das Brechverhältniß des Gemenges gleich sey den Brechverhältnissen der Bestandtheile zusammengenommen. Nach verschiedenen hierüber gemachten Versuchen scheint uns das Gesetz beinahe richtig. Hier einige dieser Resultate:

Gemenge von Alkohol und Elemiöl.

	$n$	$n^2 - 1$	Dichte bei 9° C.
Alkohol	1,357	0,841	0,802
Elemiöl	1,475	1,175	0,849
1,258 Vol. Alkohol	1,411	0,990	0,823
1,000 - Oel			
1,937 Vol. Alkohol <sup>1)</sup>	1,397	0,952	0,818
1,000 - Oel			

Gemenge von Wacholderöl und Chlorwasserstoff-Terpenthinöl.

	$n$	$n^2 - 1$	Dichte bei 9° C.
Wacholderöl	1,476	1,175	0,8635
Chlorwass. Terpenthinöl	1,488	1,214	1,019
0,931 Vol. Wachh. <sup>1)</sup>	1,479	1,187	0,944.
1,000 - Chl. Terp.			

Wir beehren uns der Academie diese kleine Zahl von Beobachtungen vorzulegen, nur um Datum zu nehmen. In einer künftigen Arbeit werden wir das Dispersionsvermögen der in der folgenden Tafel enthaltenen, und so wie anderer ihrer Zusammensetzung nach wohl ermittelten Flüssigkeiten untersuchen. Ueberdies werden wir studiren, welche Veränderungen das Refractions- und Dispersionsvermögen der Flüssigkeiten beim Acte der Verbindung erleiden; und uns vornehmen, die nach verschiedenen Methoden erhaltenen Resultate mit einander zu vergleichen, um ihren Werth festzustellen.

1) Die Zusammensetzung der Gemenge aus deren Dichtigkeit berechnet.

Mittlere Brechverhältnisse  
oder  $n$ .

$P$  (für Luft) 20,8  
 $p$  ( - Wasser) 34,33

Angenommen für Wasser.  
 $n = 1,333 = \frac{4}{3}$ .

	$p'$ .	$n$ .
Terpenthinöl . . . . .	47	1,471
Citronenöl . . . . .	47,5	1,475
Elemiöl . . . . .	47,5	1,475
Wachholderöl . . . . .	47,5	1,475
Terebēn . . . . .	48	1,479
Terebilēn . . . . .	48	1,479
Kubebenöl . . . . .	49,5	1,490
Colophēn . . . . .	53,5	1,517
Colophilēn . . . . .	53,5	1,517
Eupion . . . . .	40,33	1,409
Cetēn . . . . .	45	1,463
Benzēn . . . . .	51,5	1,504
Cinnamēn . . . . .	56	1,531
Retinolēn . . . . .	65,5	1,577
Cymēn . . . . .	48,75	1,485
Naphtha . . . . .	40,33	1,409
Retinylēn . . . . .	53,5	1,517
Retinnaphthēn . . . . .	51,	1,500
Naphthol . . . . .	45,3	1,467
Kohlenwasserstoff d. Aethalsäure	44,5	1,450
Aether . . . . .	36	1,357
Hydrobrom-Aether . . . . .	41	1,417
Hydrojod-Aether . . . . .	52,75	1,512
Ameisenäther . . . . .	36,33	1,361
Essigäther . . . . .	37	1,370
Oxaläther . . . . .	39,75	1,406
Oenanthäther . . . . .	42	1,427
Citronenäther . . . . .	44	1,446
Brenzcitronenäther . . . . .	44	1,446
Kampheräther . . . . .	45,5	1,459
Cuminäther . . . . .	51,5	1,504
Benzoëäther . . . . .	52,5	1,511
Essigsaures Methylēn . . . . .	36,33	1,361
Ameisenäther . . . . .	36,33	1,361
Benzoilhydrur . . . . .	58,5	1,545
Salicylhydrur . . . . .	65	1,570

Mittlere Brechverhältnisse  
oder  $n$ .

$P$  (für Luft) 20,8  
 $p$  ( - Wasser) 34,33.

Angenommen für Wasser  
 $n = 1,333 = \frac{4}{3}$ .

	$p'$	$n$ .
Absoluter Alkohol . . . . .	36,33	1,361
Essigsäure, krystallisirte . . . . .	37,5	1,376
Terpenthinöl . . . . .	47	1,471
Chlorwasserst. dito, flüssig . . . . .	49	1,488
Bromwasserstoff dito dito . . . . .	52,5	1,510
Monochloroterebēn . . . . .	55,33	1,531
Chlorür . . . . .	57,5	1,540
Valeriansäure . . . . .	39,8	1,406
Chlorovalerisinsäure . . . . .	50,5	1,497
Chlorovalerosinsäure . . . . .	52,5	1,510
Benzēn . . . . .	51,5	1,504
Nitrobenzid . . . . .	60,33	1,554
Chlorkohlenwasserstoff . . . . .	44	1,446
Bromkohlenwasserstoff . . . . .	56,5	1,534
Aceton. . . . .	37,5	1,376
Essigsaures Amilēn . . . . .	39,75	1,406
Nelkenöl . . . . .	51,5	1,504

## XII. Ueber die Bestimmung des Brechverhältnisses einiger Körper aus der organischen Chemie; von Hrn. H. Deville.

(Auszug aus den *Compt. rend.* T. XI p. 865.)

Die Bestimmung geschah mittelst des Babinet'schen Goniometers <sup>1)</sup>, welches mit Hülfe einiger Vorsichtsmafsregeln noch sehr geringe Unterschiede (z. B. Zehntausendstel) in dem Brechverhältnifs der Körper nachzuweisen erlaubt. So konnte diefs Verhältnifs bei regelmäfsig

1) Das Instrument ist ein Wollaston'sches Reflexionsgoniometer, nur noch versehen mit einer Vorrichtung, die im Ganzen der von Rudberg erdachten (s. Ann. Bd. IX S. 517) ähnlich ist. P.



fortschreitenden Mischungen aus Alkohol und Wasser mit vieler Genauigkeit bestimmt werden, und es ergab sich dadurch, daß diejenige aus gleichen Atomen beider Bestandtheile, d. h. die mit 0,20 Wasser, bei der, nach Rudberg <sup>1)</sup>, die Zusammenziehung ihr Maximum erlangt, auch das Maximum des Brechverhältnisses besitzt. Die Brechvermögen zeigen, wie zu begreifen, kein Maximum, da die Dichtigkeit schneller wächst als das Brechverhältniß. — Die Essigsäure besitzt auch ein Maximum des Brechverhältnisses beim Maximo ihrer Dichtigkeit und dicht bei diesem Maximo ein Minimum des Brechvermögens. Dies rührt daher, daß die Dichte weit langsamer abnimmt als das Brechverhältniß.

Isomere Körper zeigen ein gleiches Brechverhältniß, doch nur dann, wenn sie auch gleiche Dichtigkeit und gleichen Grad von Dickflüssigkeit (*Viscosität*) besitzen. Die meisten mit dem Terpenthinöl isomeren ätherischen Oele, also von der Zusammensetzung  $C_8H_8$ , die an Dichtigkeit und flüssiger Beschaffenheit einander fast gleichen, sind in diesem Fall. Essigsaures Methylen und Ameisenäther besitzen, gleich nach ihrer Reinigung, genau das nämliche Brechverhältniß.

Die Dickflüssigkeit vergrößert bei isomeren Flüssigkeiten das Brechverhältniß bedeutend. Zwei isomere Körper von gleicher Dichtigkeit und analogen chemischen Eigenschaften zeigen, wegen ungleicher Dickflüssigkeit, sehr große Unterschiede in ihren optischen Eigenschaften. Die neulich von den HH. Dumas und Stafs entdeckte Chlorovalerisinsäure z. B. ist bei  $15^{\circ} C.$  so dickflüssig, daß man sie kaum aus einer Flasche in die andere gießen kann, während sie bei  $30^{\circ} C.$  die Dünflüssigkeit des Wassers besitzt. Beim Uebergang aus dem letzteren Zustand in den ersten ist die Verschiebung des Spectrums oder die Zunahme des Brechverhältnisses zu bedeutend, als daß sie alleinig dem Anwuchs der Dichtigkeit des Körpers bei seinem Erkalten zugeschrieben

1) Annal. Bd. XIII S. 496.

werden könnte. Es ist daher sehr nöthig, die Temperatur, bei welcher man beobachtet, anzugeben. Im Sommer würde man das Brechverhältniß einer Säure ganz anders finden als es in nachstehender Tafel, bei 15° C. gemessen, angegeben ist <sup>1)</sup>. Folgende Resultate sind die Mittel aus wenigstens zwei, und zuweilen vier übereinstimmenden Beobachtungen:

<b>Wasser</b>	<b>1,3336 bis 1,3339</b>
<b>Alkohol, absoluter</b>	<b>1,3633</b>
- mit Spuren Wasser	<b>1,3639</b>
- - 0,02 Wasser	<b>1,3641</b>
- - 0,10 -	<b>1,3653</b>
- - 0,20 -	<b>1,3662</b>
- - 0,30 -	<b>1,3651</b>
- - 0,40 -	<b>1,3633</b>
- - 0,45 -	<b>1,3629</b>
- - 0,50 -	<b>1,3621</b>
- - 0,60 -	<b>1,3592</b>
- - 0,70 -	<b>1,3544</b>
- - 0,80 -	<b>1,3471</b>
- - 0,90 -	<b>1,3407</b>
- käuflicher, mit nahe 0,20 Wasser	<b>1,3660</b>
<b>Aether, rein</b>	<b>1,3562</b>
<b>Essigsäure, krystallisirte</b>	<b>1,3757</b>
- beim Maximo d. Dichte	<b>1,3781</b>
- - 1,0728 Dichte	<b>1,3712</b>
- - 1,063 -	<b>1,3701</b>
<b>Terpenthinöl</b>	<b>1,472</b>
- verdicktes, bei ei- ner Temp. v. nahe 40° C., wo es sehr dünnflüssig ist	<b>1,4898</b>
- verdicktes u. kaltes	<b>1,4938</b>

1) Vermuthlich sind auch die übrigen Messungen bei 15° C. gemacht.

<b>Flüssiger Terpentinkampher</b>	<b>1,4848</b>
<b>Bromwasserst. Terpenthinöl, flüss.</b>	<b>1,5109</b>
<b>Terpenthinöl - Chlorür</b>	<b>1,5448</b>
<b>Terebēn *</b>	<b>1,474</b>
<b>Chloroterebēn *</b>	<b>1,5294</b>
<b>Monochloroterebēn *</b>	<b>1,5186</b>
<b>Terebilēn *</b>	<b>1,4735</b>
<b>Colophēn *</b>	<b>1,5212</b>
<b>Colophilēn *</b>	<b>1,5175</b>
<b>Citronenöl</b>	<b>1,472</b>
- <b>altes</b>	<b>1,4808</b>
<b>Elemiöl</b>	<b>1,4718</b>
<b>Copaivöl, rein</b>	<b>1,471</b>
- <b>alt</b>	<b>1,504</b>
<b>Chlorovalerosinsäure **</b>	<b>1,4814</b>
<b>Chlorovalerisinsäure **</b>	<b>1,4722</b>
<b>Valeriansäure</b>	<b>1,406</b>
<b>Retinilēn</b>	<b>1,5214</b>
<b>Retinnaphtēn</b>	<b>1,4975</b>
<b>Gewürznelkenöl</b>	<b>1,502</b>
<b>Kohlenwasserstoff der Aethalsäure</b>	<b>1,4508</b>
<b>Wacholderöl</b>	<b>1,474</b>
<b>Orangeöl</b>	<b>1,474</b>
<b>Bigarade - Oel</b>	<b>1,476</b>
<b>Bergamott - Oel</b>	<b>1,468</b>
<b>Pfeffermünzöl, trocken</b>	<b>1,4663</b>
- <b>feucht</b>	<b>1,465</b>
<b>Essigsaures Methylen</b>	<b>1,3631</b>
<b>Ameisensäure</b>	<b>1,3639</b>
<b>Petrolēn</b>	<b>1,4855</b>

### XIII. *Erläuterungen und Zusätze zu den beiden vorhergehenden Aufsätzen.*

Die in der letzten Tafel mit \* bezeichneten Stoffe sind einige derjenigen, die Hr. Deville in einer ausführlichen Abhandlung über das Terpenthinöl (*Ann. de chimie et de phys. T. LXXV p. 37*) beschrieben, theils entdeckt oder näher untersucht, theils auch nur mit neuen Namen versehen hat. Er nennt *Camphen* das im Terpenthinölkampher enthaltene Oel, und betrachtet es mit Dumas, Soubeiran und Capitaine als identisch mit dem Terpenthinöl; das aus diesem Kampher durch Destillation mit Kalk abgeschiedene Oel ist das *Camphilen*. (Das *Dadyl* von Blanchet und Sell, das *Tereben* von Soubeiran und Capitaine.) *Tereben* nennt er das in dem flüssigen Kampher enthaltene, und *Terebilen* das aus diesem durch Alkalien ausgeschiedene Oel (Letzteres ist identisch mit dem *Peucyl* von Blanchet und Sell.)

Das *Tereben* kann aus seiner salzsauren Verbindung (dem flüssigen Terpenthinölkampher) nicht durch Destillation mit Kalk rein erhalten werden, hauptsächlich weil es dabei durch Wirkung des Kalks zum Theil in *Terebilen* verwandelt wird. Am bequemsten erhält man es, wenn man, in einem beständig kalt gehaltenen Ballon, Terpenthinöl mit 0,05 seines Gewichts an concentrirter Schwefelsäure vermischt und schüttelt, bis das Ganze dunkelroth und zähe geworden. Man läßt es nun 24 Stunden stehen und gießt dann die zähe Flüssigkeit von dem schwarzen, stark sauren Bodensatz ab. Erhitzt man darauf die Flüssigkeit, so wird sie, nach Entwicklung einiger Blasen von schwefligsaurem Gase, farblos, und wenn sie nun destillirt wird, geht erst *Tereben* (das durch Rectification über etwas concentrirter Schwefel-

säure vollends zu reinigen) und dann ein anderes Product, das *Colophen*, über.

Das *Tereben* riecht angenehm thymianartig; sein spec. Gewicht im flüssigen Zustand ist  $\approx 0,864$  bei  $8^\circ \text{ C.}$ , im dampfförmigen  $\approx 4,812$ . Es hat gleichen Siedpunkt und gleiche Zusammensetzung wie das Terpenthinöl, und unterscheidet sich von diesem nur durch seine gänzliche Wirkungslosigkeit auf polarisirtes Licht <sup>1)</sup>. Mit Chlorwasserstoffsäure verbindet es sich zu einer Flüssigkeit von  $0,902$  spec. Gew. bei  $20^\circ \text{ C.}$  und der Zusammensetzung  $\text{C}_{20}\text{H}_{32} + \text{ClH}$ . Der direct durch Terpenthinöl dargestellte flüssige Kampher hat das spec. Gew.  $\approx 1,017$  und die Zusammensetzung  $\text{C}_{20}\text{H}_{32} + \text{Cl}_2\text{H}_2$ . Chlorgas in Tereben geleitet, bis die Entweichung von Salzsäure aufhört, giebt das *Chlortereben*, eine Flüssigkeit ohne Wirkung auf das polarisirte Licht, von  $1,36$  spec. Gew. bei  $15^\circ \text{ C.}$  und der Zusammensetzung  $\approx \text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{Cl}_8$ . Destillirt man diese Verbindung, so erhält man, unter Farbenveränderung und Ablagerung von Kohle, in der Vorlage Chlortereben, salzsaures Tereben und das *Mono-chlorotereben*, eine Flüssigkeit, die nach Rectification über schwacher Kalilösung und Trocknung durch Chlorcalcium, das specifische Gewicht  $1,137$ , bei  $20^\circ \text{ C.}$ , und die Zusammensetzung  $\approx \text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{Cl}_4$  besitzt.

Das *Terebilen*, erhalten durch Destillation des jodwasserstoffsauen Tereben mit Kali, und Rectification des Destillats über Antimonkalium, hat im flüssigen Zustande die Dichte  $\approx 0,843$  bei  $21^\circ \text{ C.}$  und im gasigen  $\approx 4,767$  (berechnet  $4,763$ ), so wie die Zusammensetzung  $\text{C}_{20}\text{H}_{32}$ .

- 1) Terpenthinöl (Camphen) und die Verbindungen desselben mit Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff und Jodwasserstoff drehen die Polarisationsebene des durchgehenden polarisirten Lichts nach der *Linken*, Chlorterpenthinöl ( $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{Cl}_8$ ), Bromterpenthinöl ( $\text{C}_{20}\text{H}_{24}\text{Br}_8$ ) und Colophon oder Terpenthinöloxyd ( $\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_4$ ) nach der *Rechten*; alle übrigen Producte des Terpenthinöls wirken nicht auf das polarisirte Licht, sobald sie frei sind von Terpenthinöl oder Camphen.

Das *Colophen*, auf angegebene Weise erhalten, durch Redestillation und zuletzt durch Rectification über Antimonkalium gereinigt, ist flüssig, im durchgehenden Lichte farblos, im reflectirten aber dunkel indigblau, wirkt nicht auf polarisirtes Licht, siedet zwischen  $310^{\circ}$  und  $315^{\circ}$ , hat gleiche Zusammensetzung wie das Terpenthinöl ( $C_{20}H_{32}$ ), im flüssigen Zustande die Dichte  $=0,94$  bei  $9^{\circ}$ , und im gasigen vermuthlich  $=9,526$ , d. h. die doppelte des Terpenthinöldampfs. Es bildet sich auch, unter Abscheidung von Kohle und Wasser, aus Colophonium ( $C_{40}H_{64}O_4$ ), wenn dieses für sich über lebhaftem Feuer destillirt wird, gemäß der Formel  $4C_{40}H_{64}O_4 = 7C_{20}H_{32} + 16H^2O + C_{20}$ . Das Colophen absorbirt Chlorwasserstoffgas unter Wärme-Entwicklung zu einer schön indigblauen Verbindung, die aber schon durch Kreide zersetzt wird. Diese Verbindung, durch Destillation mit Baryt zerlegt, giebt das *Colophilen*, auch  $C_{20}H_{32}$ . Mit Chlor behandelt, giebt das Colophen ein Harz, das Chlorocolophen, von der Zusammensetzung  $C_{40}H_{64}Cl_8$ , also dem Colophon analog.

---

Die beiden mit \*\* bezeichneten Säuren sind Producte der *Valerian-* oder *Baldriansäure*. Dumas und Stafs (*Ann. de chim. et de phys. T. LXXIII p. 113*) haben sie aus der mittelst Kartoffelfuselöl dargestellten Baldriansäure bereitet. Zur Darstellung dieser Säure bedeckt er in einem Kolben Kartoffelöl mit dem zehnfachen Gewichte eines Gemenges gleicher Theile von Kali und Kalk, und erhitzt es in einem Bade von leichtflüssigem Metall bis  $170^{\circ}$  C. (selbst bis  $230^{\circ}$  C.) zehn bis zwölf Stunden lang. Es bildet sich dadurch, unter bloßer Entwicklung von Wasserstoffgas (dem nur sehr wenig Kohlenwasserstoff beigemengt ist), eine weiße (anfangs durch Wirkung der Luft stark gelbliche) Masse, die, mit Wasser angerührt (und zwar mit möglichster Ausschlie-

lsung der Luft, weil sie sich sonst wie Zunder entzündet), und mit verdünnter Schwefelsäure destillirt, als Destillat Valeriansäure ( $C_{10}H_{20}O_4$ ) giebt und sogleich durch vorgeschlagene Lösung von kohlensaurem Natron an Natron gebunden werden kann, während unzersetztes Kartoffelöl ( $C_{10}H_{24}O_2$ ) und ein anderes Product, ein Valerian-Aldehyd ( $C_{20}H_{20}O_2$ ) zurückbleiben.

Die aus dem Natronsalze durch Destillation mit Phosphorsäure abgeschiedene *Valeriansäure* ist dünnflüssig, farblos, stark nach Valerian riechend, sauer und stechend schmeckend, und auf der Zunge einen weissen Fleck machend, hat bei  $16^{\circ},5$  C. die Dichte  $=0,937$ , siedet unverändert bei etwa  $175^{\circ}$  C., bleibt noch bei  $-15^{\circ}$  C. flüssig, ist leicht entzündbar, und brennt mit weißer, rufsender Flamme. Für sich hat sie die Zusammensetzung  $=C_{10}H_{20}O_4$ , in ihren Salzen dagegen die  $=C_{10}H_{18}O_3$ , und die Dampfdichte  $=3,67$  (berechnet 3,55).

Im trocknen Zustande und vor Licht geschützt, mit Chlorgas geschwängert, giebt sie die *Valerisinsäure*  $=C_{10}H_{14}Cl_6O_4$  (im ungebundenen Zustande), einen durchsichtigen, geruchlosen, scharf und brennend schmeckenden Körper, der schwerer als Wasser, in gewöhnlicher Temperatur halbflüssig, bei  $-18^{\circ}$  C. etwas dicklicher, ohne zu erstarren, aber bei  $+30^{\circ}$  C. sehr dünnflüssig ist, bei 110 oder  $120^{\circ}$  C. sich unter Entwicklung von Salzsäuregas zersetzt, sich augenblicklich mit Wasser verbindet (zu einem sehr dünnflüssigen, schwach riechenden, an Dichte das Wasser übertreffenden Körper), dasselbe aber, längere Zeit im Vacuo bei  $100^{\circ}$  C. gehalten, wieder verliert. Sie fällt Silbersalze nicht.

Ebenfalls im trocknen Zustande, aber im Sonnenschein, mit Chlorgas geschwängert, entsteht aus der Valeriansäure die *Valerosinsäure*, ein halbflüssiger, farbloser, scharf, brennend und etwas bitter schmeckender Körper, der schwerer als Wasser, bei  $-18^{\circ}$  C. nicht ge-

steht, und bei  $+150^{\circ}$  C. unverändert bleibt, in höherer aber unter Entwicklung von Chlorwasserstoff zersetzt wird. Sie fällt Silbersalze nicht. Ihre Zusammensetzung ist, im freien Zustande  $=C_{10}H_{12}Cl_8O_4$ , im Silbersalze  $=C_{10}H_{10}Cl_8O_3$ , im Hydratzustande  $=C_{10}H_{10}Cl_8O_3 + 3H_2O$ .

#### XIV. *Ueber einige am Eisen, bei Versuchen über seine Elasticität, beobachtete Erscheinungen.*

(Briefliche Mittheilung von Hofr. Hausmann.)

Göttingen, 2. Dec. 1840.

Das vor Kurzem zur Ausführung gekommene Project der Erbauung einer Kettenbrücke über die Weser bei Hameln machte es wünschenswerth, über die Festigkeit und andere Eigenschaften des dazu auszuwählenden, auf hannöverschen Eisenhütten verfertigten Stabeisens genaue Kunde zu erlangen. Die darauf abzweckenden Versuche wurden durch eine von dem Königl. hannöverschen Ministerium ernannte Commission im April 1834 in der Hensel'schen mechanischen Werkstatt zu Cassel, vermittelt einer von dem Hrn. Oberbergrath Henschel construirten, hydrodynamischen Presse ausgeführt. Ein Auszug aus dem von dem Hrn. Maschinen-Inspector Jordan zu Clausthal über die Versuche aufgestellten Protocolle ist in der 3ten und 4ten Lieferung der Mittheilungen des Gewerbevereins für das Königreich Hannover enthalten; und ein ausführlicher Bericht darüber wird nächstens im dritten Hefte des vierten Bandes der Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde erscheinen.

Bei den Versuchen über die Elasticität und abso-



lute Festigkeit des Stabeisens erfolgte, außer der früher, während der Längung zugleich eingetretenen Verdünnung der Stäbe, einige Augenblicke vor dem Zerreißen, gewöhnlich eine ausgezeichnete Zusammenziehung, die nach dem Zerreißen oft in der Form eines abgestumpften Paraboloids mit wenig aufgeworfener Endkante auf solche Weise endete, daß die Bruchflächen selbst eine dem ursprünglichen Querschnitte völlig ähnliche Figur (Quadrat oder Kreis) in verjüngter Dimension darstellten.

An den Stäben liefs sich stellenweise, seltener gleichmäfsig und allgemein verbreitet, bei den höheren Spannungsgraden, vorzugsweise bei fadigem Eisen, *Wärme-Entwicklung* bemerken, die an den Bruchenden um so fühlbarer war, je länger die fadige Textur bei dem Ausziehen dem Zerreißen widerstand. Nahe vor dem Zerreißen erreichte die Erwärmung mehr und weniger den Grad der Blutwärme <sup>1</sup>).

In gleichem Verhältnisse mit der Wärme-Entwicklung zeigte sich an den Eisenstäben *Magnetismus*, der, nachdem man darauf aufmerksam geworden war, durch starkes Anziehen von Eisenfeilspänen erkannt wurde. Sollinger *Gufsstahl* von der schweißbaren Sorte, mit welchem ebenfalls Versuche angestellt wurden, der unter ausgezeichneter Erwärmung und starker Verdünnung an der Bruchstelle zerrifs, liefs nur geringen Magnetismus an den Bruchkanten wahrnehmen.

Da die eine Hälfte der Enden von den bei den Versuchen zerrissenen Eisenstäben mir zur Aufbewahrung zu Theil geworden, so war ich im Stande sie später in Beziehung auf etwaige Dauer des Magnetismus zu prüfen. Zuerst geschah dieses im Mai 1834, vier Wochen nach Anstellung der Versuche. Ein Theil der Stücke liefs durch Anziehung von Eisenfeilspänen noch deutlich in verschiedenen Graden Magnetismus wahrnehmen. Ein

1) Vergl. Lagerhjelm in dies. Ann. Bd. XIII S. 404, und Bd. XVII S. 348. P.

Stück zog ganze Büschel von Feilspänen an, und bei einem anderen war die Kraft noch so stark, daß Nähnadeln daran hängen blieben. Die Untersuchung gab zu folgenden Bemerkungen Veranlassung.

1) Nur das äußerste, bei dem Zerreißen verdünnte Ende der Stücke liefs Magnetismus erkennen; weder am entgegengesetzten Ende der 3 bis 4 Zoll langen Stücke, noch an anderen Stellen derselben zeigte sich eine Spur davon.

2) An dem verdünnten Ende zeigten sich die Kanten und Ecken, so wie die hervorragenden Spitzen der Fadenbündel am stärksten magnetisch.

3) Die Stücke, an welchen sich unzweideutig Magnetismus wahrnehmen liefs, gehörten der Mehrzahl nach zu den Stäben, welche bei dem Zerreißen im Verhältniß zur Ausdehnung, sich am stärksten zusammengezogen hatten.

4) Magnetismus zeigte sich vorzüglich an solchen Stücken, welche sich durch eine vollkommen fadige Textur auszeichneten.

Im Julius desselben Jahres wurden die magnetischen Stücke abermals geprüft. Die anziehende Kraft zeigte sich etwas vermindert.

Im Julius 1840, also über sechs Jahre nach Anstellung der Versuche in Cassel, liefsen die mehrsten jener Stücke noch deutliche Spuren von Magnetismus durch Anziehung von feinen Eisenfeilspänen erkennen.

---

**XV. Bildung des Leidenfrost'schen Tropfens auf Glas; von Dr. A. H. Emsmann,**

Oberlehrer zu Stettin.

Die Erscheinung des Leidenfrost'schen Tropfens wurde von Leidenfrost selbst zuerst auf einem wohlpolirten und rostfreien *eisernen* Löffel wahrgenommen, dann gelang ihm derselbe auch auf einem *kupfernen* halbrunden, wohlpolirten Gefäße, nicht jedoch auf in dem Löffel geschmolzenem Blei oder Zinn; später stellte man den Versuch gewöhnlich an in einem *Silber-* oder *Platinschälchen*. In neuster Zeit (nach den Mittheilungen über die Sitzung der Acad. zu Paris v. 9. März 1840)<sup>1)</sup> hat Hr. Boutigny dies Phänomen auch in einem Tiegel von *Blei* wahrgenommen, woraus namentlich folgt, daß kein so hoher Grad der Temperatur nöthig ist, als man gewöhnlich annimmt, da das Blei bereits bei 250° schmilzt. Im Allgemeinen findet man bei Erwähnung des Leidenfrost'schen Tropfens angeführt, daß derselbe sich auf erhitztem Metalle zeige, nur in den nachträglichen Bemerkungen über die Natur dieses Versuchs von N. W. Fischer (Poggend. Annal. Bd. XXI (97) S. 163) heißt es: »Bei dieser Gelegenheit fand ich, daß dieses Phänomen eben so, wie auf erhitztem Metalle, auch auf erhitztem Glase und Porcellan hervorgebracht werden kann, besonders leicht bei Anwendung von flüchtigeren Flüssigkeiten als Wasser.« Diese Notiz scheint ganz in Vergessenheit gerathen zu seyn, wahrscheinlich weil die Methode, den Tropfen auf Glas hervorzubringen, nicht angegeben ist (so läugnet dies z. B. Marchand in seiner Mittheilung über Lampensäure im Pharmaceut. Centralblatte, No. 36 S. 571. v. 5. Sept. 1840), und darum wird hoffentlich die Mittheilung nicht uninteressant seyn,

1) Vergl. S. 130 dies. Bd. d. Annal.

wie ich den Leidenfrostschen Versuch auf Glas zur Erscheinung gebracht habe.

Man fülle ein nicht zu enges, mit einer Kugel versehenes Haarröhrchen mit Wasser, Spiritus oder Quecksilber, erhitze über einer Spirituslampe die Kugel und halte die Röhre schräg aufwärts. Sobald die Flüssigkeit aus der Kugel getrieben ist, fallen aus der aufrecht gehaltenen Röhre aus den hier condensirten Dämpfen entstandene Tropfen in die glühende Kugel zurück, und zeigen das Leidenfrost'sche Phänomen. Oefters tanzen mehre Tröpfchen gleichzeitig, vereinigen sich aber bald zu einem Tropfen. So konnte ich das Phänomen mehre Minuten hinter einander zur Erscheinung bringen, indem fortwährend, sobald ein Tropfen verdunstet war, bald neue zurückfielen. Die Bedingung ist also, daß die Flüssigkeit nicht, wie es beim Metalle geschieht, kalt, sondern schon in höherer Temperatur befindlich auf das glühende Glas gelangt, indem sonst das Glas zersprengt wird.

Daß bei der Bildung des Leidenfrost'schen Tropfens durch Wasser keine Zersetzung stattfindet, davon überzeugte ich mich hierbei einfach dadurch, daß ich den Versuch mit einer in der Entfernung von einigen Zollen, von der Kugel an gerechnet, umgebogenen Röhre anstellte, so daß ich die Mündung bequem unter Wasser bringen konnte. So wurde das Herabfallen der condensirten Dämpfe nicht verhindert. Ich erhielt hierbei nie, auch nur eine Spur von Gasarten in dem auffangenden Glase.

---

## XVI. Ueber die Zusammensetzung des Batrachits; von C. Rammelsberg.

In seiner »vollständigen Charakteristik des Mineralsystems,« 3. Aufl. S. 307, hat Breithaupt die äußeren Charaktere eines von ihm zuerst unterschiedenen Minerals vom Rizoniberge im südlichen Tyrol mitgetheilt, welches er wegen seiner, dem Froschleich ähnlichen Farbe, Batrachit nennt. Vor dem Löthrohr schmilzt der Batrachit; im Phosphorsalz löst er sich mit Zurücklassung eines Kieselskeletts; mit Soda geht er schwer zu einer dunkeln Masse zusammen.

Durch die Güte des Entdeckers erhielt ich reine Stücke dieses Minerals zur Untersuchung, bei welcher dasselbe, da Säuren es nicht sonderlich angriffen, durch Glühen mit kohlensaurem Natron und übrigens auf die gewöhnliche Art zerlegt wurde.

Die Analyse gab:

		Sauerstoff.	
Kieselsäure	37,69	19,58	
Kalkerde	35,45	9,96	
Talkerde	21,79	8,43	} 9,11
Eisenoxydul	2,99	0,68	
Wasser	1,27		
	<hr/> 99,19.		

Wie die beigefügten Sauerstoffmengen darthun, ist der Batrachit ein Drittelsilicat von Kalkerde, Talkerde und Eisenoxydul, worin jene beide Erden zu gleichen Atomen enthalten sind, und nur ein kleiner Theil der letzteren durch Eisenoxydul ersetzt ist.

Die Formel ist demnach:



und die Eigenthümlichkeit des Minerals, welches sich in seiner Mischung dem Olivin nähert, ist hierdurch erwiesen.

---

**XVII. *Erwiderung auf eine Bemerkung des Hrn. Etatsrath Pfaff; von C. H. Henrici.***

---

— In dem so eben mir zugekommenen zehnten Annalenhefte dieses Jahrgangs hat Hr. Etatsrath Pfaff über meine im Anfange dieses Jahres erschienene Schrift auf eine Weise sich geäußert, welche mir nicht anders als unerfreulich seyn kann. Hr. Pfaff erkennt zunächst den Ursprung und den eigentlichen Zweck meiner Schrift. Alle meine in derselben besprochenen Versuche sind wesentlich in der Absicht, mir selbst über zweifelhafte und streitige Punkte Aufklärung zu verschaffen; ausgeführt worden, und zwar mit viel Sorgfalt und Geduld. Meine Schrift soll in der Hauptsache nur ein anspruchloser Bericht über die Ergebnisse dieser Versuche, und nichts weniger als eine Monographie der darin verhandelten Gegenstände seyn. Dafs in diesem Berichte Eines und Anderes vorkommt, was schon Andere vor mir gesagt und erörtert haben, wie könnte das wohl anders seyn? Aber ich mufs mich doch ausdrücklich gegen den Verdacht verwahren, als könnte ich die Leistungen Anderer geßissentlich verschwiegen haben, und so mufs ich insbesondere noch erwähnen, dafs mein Manuscript bereits abgeschlossen war, als ich mit dem Anfange der höchst vortrefflichen und umfassenden Untersuchungen des Hrn. Prof. Fechner bekannt wurde, mit welchem

ausgezeichneten Physiker zu einem übereinstimmenden Resultate gelangt zu seyn, mir übrigens, begreiflicherweise, eine große Befriedigung gewährt hat. Was sodann meine Erklärung der galvanischen Ladungsphänomene betrifft, so hat Hr. P. selbst erst vor Kurzem dieselben als noch in großes Dunkel gehüllt bezeichnet <sup>1)</sup>. Dafs Herrn Pfaff's Methode der Elektricitätsübertragung von einem ersten Condensator auf einen zweiten feinere Unterschiede erkennen läßt, als die Anwendung eines einzelnen Condensators, ist nicht zweifelhaft, und Hrn. P's. neueste höchst schätzbare Arbeit giebt dazu die sprechendste Belege. Mir war indessen vorzugsweise daran gelegen, bei meinen Versuchen möglichst einfache Methoden in Anwendung zu bringen, und gegen Fehlerquellen mich desto leichter schützen zu können. Auch bin ich glücklich genug gewesen, mit meinen Mitteln dem Gesetzmäßigen in den untersuchten Erscheinungen auf die Spur zu kommen.

Meine Schrift wird ohne Zweifel nicht frei von Irrthümern seyn. Ich wünsche nichts mehr, als darüber aufgeklärt und belehrt zu werden, und werde gewiß unter allen Umständen jeden Irrthum, sobald er als solcher erkannt worden, mit der größten Bereitwilligkeit aufgeben, da es meine Ueberzeugung ist, dafs eine unausgesetzte sorgsame Prüfung alles vorhandenen Materials für die Wissenschaft nur erspriefslich seyn könne. Meine Tendenz ist darum keineswegs eine polemische; vielmehr ist eine solche mir durchaus fremd. So oft ich jedoch von einem wissenschaftlichen Zweifel befallen werde, fühle ich das unabweisbare Bedürfnis, meine Kräfte zur Lösung desselben anzustrengen. Es würde mir sehr schmerzlich seyn, wenn es mir begegnen könnte, durch hierauf berechnete Untersuchungen Andere zu verletzen. Mir gilt lediglich das Interesse der Sache, und ich kann nicht anders, als dieselbe Gesinnung auch bei Andern voraussetzen.

Im Uebrigen kann Niemand bereitwilliger seyn, als ich, Hrn. Pfaff's umfassende Verdienste um die Wissenschaft auf alle Weise anzuerkennen.

1) Diese Annalen, Bd. XXXIX S. 464.

I. *Neue Ausmittlung der Ausflussscoëfficienten für den Ausfluß der atmosphärischen Luft aus Gefäßen; von Weisbach.*

Die von Navier zuerst entwickelte Formel <sup>1)</sup> für die Geschwindigkeit, mit welcher verdichtete Luft aus Gefäßen strömt, scheint nicht allgemein genug bekannt oder wenigstens nicht in dem Maasse beachtet worden zu seyn, als sie es verdient; denn die neuesten Schriftsteller, wie Gerstner <sup>2)</sup>, D'Aubuisson <sup>3)</sup> und Buff <sup>4)</sup> bedienen sich noch immer der von Schmidt <sup>5)</sup> eingeführten Formel, die bei höheren Pressungen mit der Erfahrung gar nicht in Uebereinstimmung steht, und ohnedieß einem Hauptprincipe der Mechanik, dem *von der Erhaltung der lebendigen Kräfte*, widerstreitet. Da auf der andern Seite mathematische Begründung und Erfahrung gerade für das Navier'sche Ausflußgesetz sprechen, so hat man Grund genug dieses mit Poncelet <sup>6)</sup>, Combes <sup>7)</sup> und Anderen dem Schmidt'schen vorzuziehen.

1) *Ann. de chim. et de phys. T. XXXIV, Paris 1827; oder Résumé des leçons, données à l'école des ponts et chaussées, sur l'application de la mécanique, II partie, Paris 1838.*

2) Handbuch der Mechanik, Bd. III.

3) Handbuch der Hydraulik, oder die 2te Auflage des Originals: *Traité d'Hydraulique à l'usage des Ingénieurs, Paris 1840; so wie mehrere in den Annales des mines zerstreute Abhandlungen.*

4) Studien des Göttingischen Vereins bergmännischer Freunde, Bd. IV, oder Poggendorff's Annalen, Bd. XXXVII und XXXX.

5) Gilbert's Annal. Bd. VI. — Poggendorff's Annal. Bd. II.

6) *Mécanique industrielle.*

7) *Traité de L'aérage des mines.*

Poggendorff's Annal. Bd. LI.



Wenn man auf die gewiß sehr beachtungswerthen Versuche von Koch <sup>1)</sup>, über den Ausfluß der Luft aus Gefäßen, mit Buff, die Formel von Schmidt anwendet, so erhält man eine Veränderlichkeit in den Ausflußcoëfficienten, welche die Richtigkeit der Formel in Zweifel setzt; wogegen die Anwendung der Navier'schen Formel auf diese Versuche Ausflußcoëfficienten giebt, die unter sich nicht mehr abweichen, als die schon längst für den Ausfluß des Wassers gefundenen Coëfficienten.

Es möchte aus diesem Grunde nicht unwichtig seyn, wenn wir in dem vorliegenden Aufsätze die beiden Formeln von Navier und Schmidt einer Beurtheilung und Vergleichung unterwerfen, und an den von Buff aus den Koch'schen Versuchen berechneten Ausflußcoëfficienten diejenigen Correctionen vornehmen, welche die Abweichung der Navier'schen Formel von der Schmidt'schen nöthig macht.

Wir haben diesen Gegenstand bei der Bearbeitung des Artikels *Ausfluß* für die allgemeine Maschinen-Encyclopädie in genaue Untersuchung gezogen, und müssen daher wegen des Details auf diese Arbeit verweisen.

Es sey in einem prismatischen Raume, dessen Basis die Flächeneinheit, und Höhe die Längeneinheit ist, durch einen beweglichen Kolben die Raumeinheit Luft, mit der Pressung  $p$  auf die Flächeneinheit, von dem äußern Raume abgesperrt.

Durchläuft nun der Kolben einen gewissen Weg  $s$ , so übt die eingeschlossene Luft auf denselben eine gewisse mechanische Wirkung aus, die sich nach bekannten Regeln leicht bestimmen liefs, indem man annimmt, daß am Ende des Weges  $s$  der Luftraum  $= 1 + s$ , und die Pressung auf den Kolben  $= \frac{p}{1 + s}$  geworden ist.

Bei Durchlaufung des Elementarweges  $ds$  ist diese Wirkung:

1) Studien des Göttingischen Vereins, Bd. I.

$$= \frac{p ds}{1+s};$$

daher ist sie für den ganzen Weg  $s$ :

$$Ps = \int_0^s p \frac{ds}{1+s} = p \int_0^s \frac{ds}{1+s} = p \operatorname{Ln}(1+s).$$

Setzt man aber die Pressung am Ende des Weges  $= p_1$ , so hat man:

$$1+s = \frac{p}{p_1},$$

daher *die mechanische Arbeit oder Leistung der Luft durch ihre Ausdehnung*:

$$= p \operatorname{Ln}\left(\frac{p}{p_1}\right).$$

Wenn also die Raumeinheit Luft aus der Pressung  $p$  in die kleinere Pressung  $p_1$  übergeht, so übt sie die durch den Ausdruck:

$$p \operatorname{Ln}\left(\frac{p}{p_1}\right)$$

gemessene *mechanische Wirkung aus*, und wenn man umgekehrt die Raumeinheit Luft zusammendrückt, so daß aus der Pressung  $p$  die größere Pressung  $p_1$  wird, so hat man die *aufzuwendende mechanische Wirkung* durch die Formel

$$p \operatorname{Ln}\left(\frac{p_1}{p}\right)$$

zu bestimmen.

Ist nun aber das anfängliche Luftquantum  $= m$  Raumeinheiten, so wird die beim Ausdehnen gewonnene mechanische Wirkung

$$mp \operatorname{Ln}\left(\frac{p}{p_1}\right)$$

gesetzt werden müssen.

Von dieser allgemein bekannten Formel ist nun bei der Theorie des Ausflusses der Luft aus Gefäßen folgender Gebrauch zu machen.

Es habe die in ein Reservoir eingeschlossene Luft

die Pressung  $p$ , die äußere Luft aber die Pressung  $p_1$ , und es ströme jene Luft durch eine Oeffnung mit der Geschwindigkeit  $v$  in den äußeren Raum. Es sey ferner die unter dem inneren Drucke gemessene Ausflussmenge in der Secunde  $=m$ , und die Dichtigkeit, d. i. das Gewicht der Raumeinheit der inneren Luft,  $=\gamma$ .

Dann ist *die mechanische Wirkung*, welche der ausströmenden Luft- oder Gasmenge  $m$  innewohnt:

$$= \frac{v^2}{2g} m \gamma.$$

Wir haben aber die mechanische Wirkung

$$= m p L n \left( \frac{p}{p_1} \right)$$

auszuüben, um die Luft in diesen Zustand der Bewegung zu versetzen; es ist folglich nach dem Principe von der Erhaltung der lebendigen Kräfte:

$$\frac{v^2}{2g} m \gamma = m p L n \left( \frac{p}{p_1} \right),$$

oder:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{p}{\gamma} L n \left( \frac{p}{p_1} \right),$$

wodurch sich folgende Formel für die Ausflusgeschwindigkeit ergibt:

$$v = \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} L n \left( \frac{p}{p_1} \right)},$$

Für atmosphärische Luft ist:

$$\frac{p}{\gamma} = 7954,2 (1 + 0,00364 . t),$$

und für Wasserdämpfe:

$$\frac{p}{\gamma} = 12776,3 (1 + 0,00364 . t);$$

daher kann man setzen

für atmosphärische Luft:

$$v = 395 \sqrt{(1 + 0,00364 . t) L n \left( \frac{p}{p_1} \right)} \text{ Metr.}$$

und für Wasserdämpfe:

$$v = 500 \sqrt{(1 + 0,00364 \cdot t) L n \left( \frac{p}{p_i} \right)} \text{ Metr.}$$

Die theoretische Ausflussmenge, unter dem äußeren Druck gemessen, ist:

$$m_i = a v = a \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} L n \left( \frac{p}{p_i} \right)},$$

und unter dem inneren Drucke gemessen ist sie:

$$m = \frac{p_i}{p} m_i = a \frac{p_i}{p} \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} L n \left( \frac{p_i}{p} \right)}.$$

Ist  $b$  der äußere Barometerstand und  $h$  der Manometerstand, also  $b + h$  der innere Barometerstand, so kann man auch setzen:

$$v = \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} L n \left( \frac{b + h}{b} \right)},$$

oder, wenn  $h$  sehr klein ist, wie bei schwachen Gebläsen:

$$v = \sqrt{2g \frac{p}{\gamma} \cdot \frac{h}{b}},$$

also für Luft:

$$v = 395 \sqrt{(1 + 0,00364 \cdot t) \frac{h}{b}}.$$

Ist  $\frac{\Delta}{\delta}$  das Verhältniß zwischen der Dichtigkeit von der Manometerflüssigkeit und der Dichtigkeit von der ausströmenden Luft, so hat man, nach Schmidt, D'Aubuisson und Anderen, anzunehmen, daß die verdichtete Luft mit der Geschwindigkeit

$$v = \sqrt{2g \left( \frac{\Delta}{\delta} \right) h}.$$

ausströme.

Diesem nach wäre die unter dem inneren Drucke gemessene Ausflussmenge:

$$m = a v = a \sqrt{2g \left( \frac{\Delta}{\delta} \right) h},$$

und unter dem äußeren Druck gemessen:

$$m_i = \frac{p}{p_i} m = \frac{(b+h)}{b} m = a \left( \frac{b+h}{b} \right) \sqrt{2g \left( \frac{\Delta}{\delta} \right) h}.$$

Die Annahme, daß die Luft noch im verdichteten Zustande mit der Geschwindigkeit  $v$  ausströme, ist aber schon deshalb unstatthaft, als das Ausströmen nur auf Unkosten der Pressung erfolgen kann, und dasselbe eben in einer Ausdehnung der Luft besteht. Wollte man aber dennoch annehmen, daß die Luft unter dem inneren Druck mit der Geschwindigkeit  $v$  ausströme, so würde man einen Verstofs gegen das Princip von der Erhaltung der lebendigen Kräfte begehen, indem man dadurch eine Vermehrung an lebendiger Kraft hervorbrächte; denn die mechanische Arbeit, welche nöthig ist, um das Luftquantum  $m$  von der Pressung  $p_i$  auf  $p$  zu bringen, ist:

$$mp \operatorname{Ln} \left( \frac{p}{p_i} \right),$$

während nach der Schmidt'schen Annahme die ausströmende Luft durch ihre Ausdehnung und Geschwindigkeit die Gesamtwirkung:

$$mp \operatorname{Ln} \left( \frac{p}{p_i} \right) + \frac{v}{2g} m \gamma$$

hervorzubringen vermag.

Da  $\frac{p}{b+h}$  die Dichtigkeit der Manometerflüssigkeit ist, so kann man auch

$$\frac{p}{(b+h)\gamma} = \frac{\Delta}{\gamma}$$

setzen, weshalb wir nach der Navier'schen Formel

$$v = \sqrt{2g \frac{(b+h)\Delta}{\delta} \operatorname{Ln} \left( \frac{b+h}{b} \right)}$$

erhalten.

Setzen wir nun noch für kleine Pressungen:

$$\operatorname{Ln} \left( \frac{b+h}{b} \right) = \operatorname{Ln} \left( 1 + \frac{h}{b} \right) = \frac{h}{b} - \frac{h^2}{2b^2},$$

so bekommen wir annähernd:

$$v = \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) \left(1 + \frac{h}{b}\right) \left(1 - \frac{h}{2b}\right) h},$$

oder auch:

$$= \left(1 + \frac{h}{4b}\right) \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}.$$

Hiernach bestimmt sich nun die unter dem inneren Druck gemessene Ausflussmenge:

$$\begin{aligned} m &= \frac{b}{b+h} a v \\ &= \left(1 - \frac{h}{b}\right) \left(1 + \frac{h}{4b}\right) a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h} \\ &= \left(1 - \frac{3h}{4b}\right) a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}, \end{aligned}$$

während nach Schmidt und Anderen

$$m = a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h},$$

zu setzen ist.

Setzen wir noch den Ausflusscoefficienten  $= \mu$ , so erhalten wir die respective Ausflussmenge:

$$m = \mu \left(1 - \frac{3h}{4b}\right) a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h},$$

demnach umgekehrt den Ausflusscoefficient:

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{m}{\left(1 - \frac{3h}{4b}\right) a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}} \\ &= \left(1 + \frac{3b}{4h}\right) \frac{m}{a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}}, \end{aligned}$$

während nach der Schmidt'schen Formel

$$\mu \text{ nur} = \frac{m}{a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}}$$

Es zeigt sich hiernach, dass man die nach der älteren Formel berechneten Ausflusscoefficienten mit

$$\left(1 + \frac{3h}{4b}\right)$$

multiplizieren müsse, um die der Navier'schen Formel angehörigen Coëfficienten zu finden.

Ist z. B.:

$$\frac{h}{b} = \frac{1}{10},$$

so hat man:

$$1 + \frac{3h}{4b} = 1 + \frac{3}{40},$$

dann giebt also die ältere Formel den Ausfluscoëfficienten um  $\frac{3}{40}$  oder ungefähr  $\frac{1}{13}$  zu klein an. Nur bei sehr niedrigem Drucke, wenn z. B.  $\frac{h}{b} = \frac{1}{100}$  und weniger ist,

möchte es gestattet seyn, den Factor  $\left(1 + \frac{3h}{4b}\right)$  unbeachtet zu lassen, und nach Buff u. s. w.

$$\mu = \frac{m}{a \sqrt{2g \left(\frac{\Delta}{\delta}\right) h}}$$

zu setzen.

Das Ausflusgesetz bei abnehmender Druckhöhe, oder für den Fall, wenn die abfließende Luft durch neuhinzutretende nicht wieder ersetzt wird, läßt sich durch eine sehr einfache Formel ausdrücken, wenn man wieder

$$Ln\left(\frac{b+h}{b}\right) = \frac{h}{b} \left(1 - \frac{h}{2b}\right)$$

setzt.

Bezeichnen wir die constante Zahl  $\frac{p}{\gamma}$  mit  $k$ , so ist nach unserer Formel die Ausflusgeschwindigkeit:

$$\begin{aligned} v &= \sqrt{2gk \left(1 - \frac{h}{2b}\right) \frac{h}{b}} \\ &= \left(1 - \frac{h}{4b}\right) \sqrt{2gk \cdot \frac{h}{b}}, \end{aligned}$$

Diese Geschwindigkeit mit dem Flächeninhalt  $a$  der Oeff-

nung und mit dem Zeitelemente  $dt$  multiplicirt, giebt das Element der Ausflussmenge:

$$dm_1 = a \left(1 - \frac{h}{4b}\right) \sqrt{2gk \cdot \frac{h}{b}} \cdot dt.$$

Ist nun die im Gefäße enthaltene und unter dem äufseren Drucke gemessene, im Gefäße eingeschlossene Luftmenge  $= M_1$ , so hat man dem Mariotte'schen Gesetze zufolge:

$$\frac{M_1 - m_1}{M_1} = \frac{b + h}{b + H},$$

in sofern nur  $H$  den anfänglichen und  $h$  den Manometerstand am Ende der Zeit  $t$  angiebt.

Es folgt demnach auch:

$$-\frac{dm_1}{M_1} = \frac{dh}{b + H}.$$

Durch Gleichsetzung der beiden Ausdrücke für  $dm_1$ , folgt nun:

$$dt \cdot a \left(1 - \frac{h}{4b}\right) \sqrt{2gk \frac{h}{b}} = -\frac{M_1 dh}{b + H},$$

und sonach:

$$\begin{aligned} t &= - \int_H^h \frac{M_1 dh}{a \left(1 - \frac{h}{4b}\right) (b + H) \sqrt{2gk \frac{h}{b}}} \\ &= - \frac{M_1}{a(b + H) \sqrt{2g \frac{k}{b}}} \int_H^h \frac{dh}{\left(1 - \frac{h}{4b}\right) \sqrt{h}} \end{aligned}$$

oder annähernd:

$$\begin{aligned} &= - \frac{M_1}{a(b + H) \sqrt{2g \frac{k}{b}}} \int_H^h \left(h^{-\frac{1}{2}} + \frac{h^{\frac{1}{2}}}{4b}\right) dh \\ &= \frac{M_1}{a(b + H) \sqrt{2g \frac{k}{b}}} \left(2(\sqrt{H} - \sqrt{h}) + \frac{1}{6} \left(\frac{\sqrt{H^3} - \sqrt{h^3}}{b}\right)\right) \\ &= \frac{2 M_1 (\sqrt{H} - \sqrt{h})}{a(b + H) \sqrt{2g \frac{k}{b}}} \left(1 + \frac{H + \sqrt{Hh} + h}{12b}\right). \end{aligned}$$



Setzt man  $h=0$ , so bekommt man die Zeit  $T$ , nach welcher der Ausfluss beendigt ist:

$$T = \frac{2 M \sqrt{H}}{a(b+H) \sqrt{2g \frac{k}{b}}} \left(1 + \frac{H}{12b}\right) (\text{annähernd}).$$

Auf ähnliche Weise ergibt sich auch die Formel für den Ausfluss an dem Apparate, welchen Hr. Koch zu seinen Versuchen angewendet hat, weswegen ich jedoch auf den schon citirten Artikel verweise.

Wenn man die von Hrn. Buff aus den Koch'schen Versuchen berechneten Ausflusscoëfficienten für den Ausfluss der Luft durch Mündungen in dünner Wand, und durch cylindrische und conische Ansatzröhren mit dem veränderlichen Factor  $\left(1 + \frac{3h}{4b}\right)$  multiplicirt, so bekommt man neue, der Navier'schen Formel entsprechende Coëfficienten, die sich weit mehr an die Erfahrungen anschmiegen als die Buff'schen Coëfficienten. Während dort die den verschiedenen Manometerständen angehörigen Coëfficienten eine Reihe bilden, deren äußersten Gränzen  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{6}$  ihrer Größe von einander abweichen, finden wir hier diese Differenz nur ungefähr  $\frac{1}{25}$  1). Wir haben zu Ende dieses Aufsatzes vier Tabellen beigefügt, worin die von uns gefundenen Coëfficienten mit den von Hrn. Buff nach der Schmidt'schen Formel berechneten zusammengestellt sind.

Wenn wir nun z. B. aus Tab. I A ersehen, daß,

- 1) Die große Veränderlichkeit der nach der Schmidt'schen Formel gefundenen Ausflusscoëfficienten veranlaßt Hrn. Buff für dieselbe besondere Ausdrücke zu berechnen.

Hiernach setzt er für Mündungen in dünner Wand:

$$\mu = 0,626(1 - 0,079 \sqrt{h}),$$

für kurze cylindrische Ansatzröhren:

$$\mu = 0,079(1 - 0,079 \sqrt{h}),$$

und für gewisse conische Ansatzröhren:

$$\mu = 0,92(1 - 0,079 \sqrt{h}).$$

nach Buff, für den Ausfluß durch die Mündung in dünner Wand der Ausflußcoefficient von 0,5044 bis 0,5906 zunimmt, während die mittlere Druckhöhe von

$$\frac{6,29 + 5,79}{2} = 6,04 \text{ Fufs (Kalenberger)}$$

bis:

$$\frac{0,61 + 0,32}{2} = 0,5 \text{ Fufs}$$

abnimmt, so finden wir auch aus der Tabelle, daß nach unsern Berechnungen die Ausflußcoefficienten unter diesen Verhältnissen nur von 0,570 bis 0,596 wachsen. Und ähnlich ist das Verhältniß bei allen übrigen Versuchen. Eine Veränderlichkeit von der letzten Ausdehnung findet man aber auch an den Ausflußcoefficienten des Wassers. Unter sehr niedrigen Pressungen geben natürlich beide Methoden einerlei Ausflußcoefficienten. Derselbe ist nach den neueren Versuchen von Hrn. Buff für den Ausfluß durch Mündungen in dünner Wand = 0,61 bis 0,62, also genau wie beim Wasser; fällt aber für cylindrische Ansatzröhren nur zu 0,76 aus, während er für das Wasser 0,81 ist und ihn D'Aubuisson 0,93 findet. Man hat vollkommen Ursache an der Richtigkeit der D'Aubuisson'schen Coefficienten zu zweifeln, und den Koch'schen Versuchen besonders auch deshalb alles Zutrauen zu schenken, weil sie mit den neueren Versuchen von Buff (bei sehr niedrigen Pressungen) in sehr guter Uebereinstimmung stehen.

Die Franzosen scheinen die Koch'schen Versuche nicht zu kennen oder sie wenigstens nicht zu beachten, weil man noch immer in den neuesten französischen Schriften, wie z. B. in denen von Combes, nur die Ausflußcoefficienten von D'Aubuisson angewendet findet.

Es ist sehr zu wünschen, daß durch Wiederholung dieser Versuche von einem Dritten die Sache außer Zweifel gesetzt werde.

---

## I. T a b e l l e.

Ueber die Ausflussscoefficienten für den Ausfluß der Luft durch Mündungen in dünner Wand, nach Koch.

*A.* Mündung von 2,96 Lin. Durchmesser, oder 0,0003185 Quadratf. Inhalt. Barometerst. 27" 4"',5. Temp. 9° R.

Wasserdruckhöhe in Kalenberger Fufs.	Ausflussscoefficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflufs- coefficient.
6,28989		
5,79371	0,5044	0,570
4,83904	0,5159	0,576
3,94728	0,5213	0,570
3,12960	0,5269	0,567
2,37063	0,5498	0,583
1,71509	0,5568	0,582
1,14202	0,5667	0,583
0,67230	0,5806	0,591
0,32007	0,5906	0,596

*B.* Die vorige Mündung. Barometerstand 27" 4"', Temperatur 7° R.

6,10689		
5,61904	0,5044	0,569
4,67697	0,5155	0,573
3,80198	0,5216	0,570
2,98848	0,5363	0,577
2,25326	0,5463	0,577
1,60560	0,5571	0,581
1,04560	0,5758	0,592
0,60103	0,5789	0,589
0,41102		
0,14684	0,6014	0,605

*C.* Mündung von 6,183 Lin. Durchmesser, oder 0,0014339 Quadratf. Inhalt. Barometerst. 27" 2"',75. Temp. 7° R.

6,08025		
4,43368	0,5087	0,566
2,94057	0,5410	0,584
1,73042	0,5433	0,570
0,79113	0,5702	0,591
6,05239		
4,39204	0,5143	0,572
2,92913	0,5313	0,573
1,69276	0,5572	0,585
0,77003	0,5666	0,582

## I I. T a b e l l e.

Ueber die Ausfluscoëfficienten für den Ausfluß der Luft durch kurze cylindrische Ansatzröhren, nach Koch.

**A.** Cylindrische Ansatzröhren 4,655 Lin. Durchmesser, und der (2,58) fachen Länge. Barometerstand 27" 7". Temperatur 3° R.

VVasserdruckhöhe.	Ausfluscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Auf- flus- coëfficient.
6,53594		
5,02915	0,6430	0,724
3,66493	0,6600	0,722
2,47403	0,6755	0,721
1,47603	0,6978	0,728
0,70726	0,7204	0,737

**B.** Cylindrische Ansatzröhren von 2,974 Lin. Durchmesser und der vierfachen Länge. Barometerstand 26" 9",75. Temperatur 5° R.

6,15306		
4,94251	0,6469	0,724
3,81311	0,6629	0,726
2,79272	0,6803	0,729
1,84816	0,6997	0,735
0,57030	0,7308	0,750
0,01398	0,7376	0,743

**C.** Die vorige Röhre. Barometerstand 27" 6",5. Temperatur 2°,5 R.

6,52466		
5,28065	0,6446	0,727
4,13727	0,6538	0,721
3,08895	0,6753	0,728
2,15255	0,7000	0,740
1,35863	0,7184	0,746
0,72963	0,7346	0,751
0,28236	0,7465	0,754

**D.** Cylindrische Ansatzröhren von 4,19 Lin. Durchmesser und der (5,7) fachen Länge. Barometerstand 27" 6",5. Temperatur 3° R.

6,46045		
5,25279	0,6326	0,713
4,14576	0,6383	0,703
3,13099	0,6449	0,696

Wasserdruckhöhe.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflusss- coëfficient.
2,22245	0,6773	0,716
1,44529	0,6935	0,721
0,81629	0,7108	0,728
0,35503	0,7265	0,736

**E.** Conische Ansatzröhre von 3,1 Lin. Durchmesser und der (5,8) fachen Länge. Barometerstand 27" 7". Temperatur 3° R.

6,53596		
5,18851	0,6455	0,728
3,95848	0,6568	0,722
2,85424	0,6737	0,724
1,88419	0,7014	0,743
1,08747	0,7215	0,744
0,49202	0,7396	0,759

### I. I I. T a b e l l e.

Ueber die Ausflussscoëfficienten für den Ausfluß der Luft durch conisch convergente Ansatzröhren, nach Koch.

**A.** Conisches Rohr von 1 Zoll 0,5 Linie Länge bei 3° 5' 34" Convergenz.

Durchmesser der Einmündung 3,715 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 3,04 Linien.

Flächeninhalt der Ausmündung (engerer Oeffnung) 0,00035003 Quadratfuß.

Barometerstand 27" 4". Temperatur 9° R.

Wasserdruckhöhe.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflusss- coëfficient.
6,39338		
4,94809	0,7139	0,802
3,63998	0,7323	0,801
2,48522	0,7502	0,800
1,50958	0,7782	0,812
0,74920	0,8026	0,822
0,24320	0,8159	0,824

**B. Conisches Rohr von 11 Linien Länge bei 5° 21' 40" Convergenz.**

Durchmesser der Einmündung 4,04 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 3,01 Linien.

Inhalt der Ausmündung 0,00034316 Quadratfuß.

Barometerstand und Temperatur wie vorher.

Wasserdruckhöhe.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflussscoëfficient.
6,40176		
4,94809	0,7352	0,825
3,62021	0,7597	0,820
2,44609	0,7868	0,839
1,46207	0,8122	0,846
0,70447	0,8365	0,856
0,20967	0,8551	0,864

**C. Conisches Rohr von 35,5 Lin. Länge, bei 5° 49' 28" Convergenz.**

Durchmesser der Einmündung 6,42 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 2,725 Linien.

Inhalt der Ausmündung 0,00028125 Quadratfuß.

Barometerstand 26" 9". Temperatur 2° R.

6,32917		
5,70856	0,7504	0,849
4,54001	0,7580	0,842
3,47771	0,7701	0,837
2,50477	0,8054	0,858
1,66052	0,8285	0,866
0,97283	0,8429	0,867
0,45286	0,8655	0,879
0,12580	0,8735	0,879

**D. Conisches Rohr von 18,6 Lin. Länge, und 6° 0' 10" Convergenz.**

Durchmesser der Einmündung 4,66 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 2,72.

Inhalt der Ausmündung 0,00028022 Quadratfuß.

Barometerstand 26" 10". Temperatur 4°,5 R.

6,12504		
4,95369	0,7335	0,821
3,85785	0,7607	0,833
2,86682	0,7759	0,833
1,99182	0,7972	0,839

Wasserdruckhöhe.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflusss- coëfficient.
1,24402	0,8273	0,856
0,65975	0,8383	0,856
0,25760	0,8538	0,862

**E. Conisches Rohr von 18,5 Lin. Länge und 11° 36' 18" Converganz.**

Durchmesser der Einmündung 6,39 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 2,63 Linien.

Inhalt dieser Ausmündung 0,00026198 Quadratfuß.

Barometerstand 26" 10",5. Temperatur 5° R.

6,21447		
5,09447	0,7445	0,836
4,06750	0,7465	0,821
3,13098	0,7615	0,821
2,28115	0,7858	0,832
1,54313	0,8040	0,837
0,92252	0,8175	0,830
0,45288	0,8478	0,861

**I V. T a b e l l e.**

Ueber die Ausflussscoëfficienten für den Ausfluß der Luft durch conisch divergente Ansatzröhren, nach Koch.

**A. Conisches Rohr von 35,5 Lin. Länge und 5° 57' 28" Divergenz.**

Durchmesser der Einmündung 2,725 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 6,42 Linien.

Flächeninhalt dieser 0,0015611 Quadratfuß.

Barometerstand 26" 9". Temperatur 2° R.

Wasserdruckhöhe in Kalenberger Fußs.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflusss- coëfficient.
6,15854		
4,89776	0,7922	0,887
3,72364	0,8229	0,900
2,65575	0,8582	0,917
1,70807	0,9104	0,953
0,93371	0,9491	0,977
0,36901	0,9904	1,004

**B.**

**B. Conisches Rohr von 18",5 Länge und 11° 36' 48" Divergenz.**

Durchmesser der Einmündung 2,63 Linien.

Durchmesser der Ausmündung 6,39 Linien.

Flächeninhalt dieser 0,0015465 Quadratfuß.

Barometerhöhe 26" 9",5. Temperatur 4°,5 R.

Wasserdruckhöhe in Kalenberger Fußs.	Ausflussscoëfficient, nach Buff.	Corrigirter Ausflus- coëfficient.
6,29553		
5,30033	0,6546	0,737
4,37501	0,6655	0,735
3,50838	0,6822	0,741
2,71724	0,6923	0,741
1,99321	0,7324	0,770
1,35862	0,7452	0,772
0,82747	0,7683	0,785
0,41793	0,7847	0,795
0,14257	0,7979	0,803

**II. *Untersuchung des Allanit, Orthit, Cerin und Gadolinit; von Theodor Scheerer***

(Schluß.)

**Chemisch-analytische Untersuchung.**

**E**he ich die Resultate meiner Analysen von den verschiedenen, hier abgehandelten Mineralien angebe, will ich jedesmal zuvor die Zerlegungsmethode, die ich dabei anwendete, so wie einige Erfahrungen, die ich bei dieser Gelegenheit machte, der Hauptsache nach mittheilen. Diese Zerlegungsarten sind hauptsächlich zweierlei, welche sich nach der Natur der untersuchten Mineralien richten. Letztere zerfallen nämlich: 1) in solche, die durch Säuren aufschliefsbar sind, und 2) in andere, welche durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron aufge-



geschlossen werden mußten. Zu den ersteren gehören: der Orthit von Fille-Fjeld, der Allanit von Jotun-Fjeld und der Gadolinit von Hitterön; zu den andern dagegen der Allanit von Snarum und der Cerin von Riddarhyttan.

*Allanit von Jotun-Fjeld.* Ich wähle dieses Mineral darum zuerst, weil seine Analyse am einfachsten ist. Die in demselben zu trennenden Bestandtheile, welche vorher durch eine qualitative Untersuchung bestimmt wurden, sind: Kieselerde, Thonerde, Eisenoxydul, Kalkerde, Talkerde, Ceroxydul, Lanthanoxyd und Manganooxydul. Eine abgewogene Quantität des fein gepulverten, im Wasserbade getrockneten Minerals wurde mit Salzsäure übergossen, welche, bei Anwendung gelinder Wärme, dessen Aufschließung leicht bewirkte. Nachdem die saure Flüssigkeit in Zeit von 24 Stunden langsam eingedampft und hierdurch das Eisenoxydul zugleich höher oxydirt worden war, wurde die abgeschiedene Kieselerde, nach Verdünnung der Auflösung durch Wasser abfiltrirt, und die durchgelaufene Flüssigkeit mit einem Ueberschuß von Ammoniak behandelt. Der so entstandene Niederschlag enthielt also nun hauptsächlich Thonerde, Eisenoxyd, Ceroxydul und Lanthanoxyd. Die hiervon getrennte Flüssigkeit wurde mit oxalsaurem Ammoniak versetzt, wodurch Kalkerde niedergeschlagen und nach zwölfstündigem Stehen an einem mäßig erwärmten Orte abfiltrirt wurde. Das hierbei erhaltene Filtrat, welches Manganooxydul und Talkerde enthielt, ward mit Schwefelammonium versetzt, der geringe, hierbei entstandene Niederschlag von Schwefelmangan abfiltrirt, und die schwefelammoniumhaltige Flüssigkeit durch Salzsäure sauer gemacht und erwärmt, bis sich aller Geruch nach Schwefelwasserstoff verloren hatte. Darauf wurde sie, nach Filtration der geringen Menge abgeschiedenen Schwefels, abermals mit Ammoniak übersättigt; und, zur Fällung von Talkerde, mit phosphorsaurem Natron versetzt.

Jener Niederschlag nun, welcher aus Thonerde, Ei-

senoxydul, Ceroxydul, Lanthanoxyd, nebst Spuren von Manganoxydul und Talkerde bestand, wurde von Neuem wieder in Salzsäure gelöst, die dabei zurückbleibende kleine Quantität Kieselerde abfiltrirt, und mit einer concentrirten Kalilösung zur Ausziehung der Thonerde gekocht. Der hierbei bleibende Rückstand ward abermals in Salzsäure gelöst, und, nach Verdünnung mit Wasser, auf die bekannte Weise mit neutralem schwefelsauren Kali behandelt, um das Cer als schwefelsaures Ceroxydul-Kali abzuscheiden. Nach 24 Stunden war dies geschehen. Das in der Flüssigkeit zurückgebliebene Eisenoxyd wurde nun durch Ammoniak gefällt, mit kochendem Wasser ausgesüßt (was, wenn Eisenoxyd aus einer Flüssigkeit, die viel schwefelsaures Kali enthält, durch Ammoniak gefällt wird, ziemlich schwer ist), und nach dem Glühen und Wägen nochmals in Salzsäure gelöst, um geringe Mengen von Mangan und Talkerde abzuscheiden.

Das erhaltene Doppelsalz von schwefelsaurem Ceroxydul-Kali wurde in vielem Wasser durch Erwärmen gelöst (was schneller geschieht, wenn man etwas Salzsäure hinzufügt), darauf mit kaustischem Kali gefällt und filtrirt. Man erhält hierbei zwar ein basisches Salz, wenn der Niederschlag nicht mit kaustischem Kali gekocht wird; allein dies ist von keinem Nachtheil, da derselbe, ohne vorher ausgewaschen zu seyn, von Neuem wieder in Salzsäure gelöst werden muß. Ich habe nämlich gefunden, daß das bei der Trennung von Eisen und Cer erhaltene schwefelsaure Ceroxydul-Kali stets noch eisenhaltig ist, und daß man daher das daraus erhaltene Ceroxydul noch einmal auflösen und durch schwefelsaures Kali fällen muß, wobei dieser Antheil von Eisen gelöst bleibt. Nur von diesem Umstande kommt es, daß das schwefelsaure Ceroxydul-Kali mehr oder weniger gelblich zu seyn pflegt. Das, welches man bei der zweiten Trennung erhält, ist stets rein weiß. Ein ferneres Zei-

chen vom Eisengehalte dieses Doppelsalzes ist es, daß es sich nicht klar in warmem Wasser auflöst, sondern gelbliche Flocken zurückkläßt, die wahrscheinlich achtfach-basisch schwefelsaures Eisenoxyd sind. Daß diese Quantität Eisenoxyd nicht vernachlässigt werden darf, geht daraus hervor, daß ich bei verschiedenen Analysen gegen 5 bis 7 Proc. Eisenoxyd (von der Menge des erhaltenen Ceroxyduls gerechnet) erhalten habe, was z. B. bei dieser Analyse einen Unterschied von mehr als 1 Proc. Ceroxydul zu viel und 1 Proc. Eisenoxydul zu wenig gemacht hätte. Ich habe sowohl mit concentrirten als mit verdünnteren Auflösungen Versuche angestellt; allein immer ist das erhaltene Ceroxydul eisenhaltig.

Durch die Entdeckung Mosander's, daß das Cer im Cerite mit einem andern Metalle, dem Lanthan, vorkommt, war es zu vermuthen, daß dieß auch im Allanit der Fall sey. Ich untersuchte daher das erhaltene Ceroxyd auf die Weise, wie sie Mosander zur Trennung von Cer und Lanthan vorschreibt. Beide Oxyde wurden mit Salpetersäure übergossen, die Lösung wurde darauf eingedampft und der Rückstand bei Luftzutritt stark geglüht. Darauf übergoss ich ihn mit einer, dem Gewichte nach etwa 50fach verdünnten Salpetersäure, und ließ ihn, unter öfterem Umrühren, einige Tage damit in Berührung. Nach dieser Zeit wurde das ungelöst gebliebene Ceroxyd filtrirt, und aus der durchgelaufenen Flüssigkeit das Lanthanoxyd durch kaustisches Kali gefällt. Da Mosander bis jetzt noch keine ferneren charakteristischen Eigenschaften dieses Metalloxydes angegeben hat, so konnte ich keine weiteren Prüfungen mit demselben vornehmen. Es sieht blasser aus als Ceroxyd, und hat ein ganz ähnliches Verhalten vor dem Löthrohre.

Ich erhielt auf die beschriebene Weise bei zwei Analysen, von denen ich die erstere in Norwegen, die

zweite in dem Laboratorium des Hrn. Prof. H. Rose anstellte, folgende Resultate:

	I	II.
Kieselerde	34,69	35,15
Thonerde	15,58	16,23
Eisenoxydul	14,42	15,55
Ceroxydul	19,65	13,34
Lanthanoxyd		5,80
Manganoxydul	1,55	0,98
Kalkerde	11,90	12,02
Talkerde	1,09	0,78
Wasser	0,52	0,50
	<hr/> 99,40	<hr/> 100,35.

Bei der Analyse I ist Lanthanoxyd und Ceroxydul zusammen angegeben, da ich, zur Zeit als ich sie unternahm, noch keine genauere Kenntniss von diesem neuen Metalloxyde hatte. Noch muß ich bemerken, daß ich bei der zweiten Analyse, in Betracht, daß die Mengen der Talkerde und des Manganoxyduls so gering waren, die kleinen davon im Eisenoxyd enthaltenen Quantitäten nicht abgeschieden habe.

Wie schon oben bemerkt, ist der Allanit von Jotun-Fjeld meist innig mit Magneteisenstein durchsprengt, daß man bei oberflächlicher Beobachtung glauben sollte er sey magnetisch. Man kann jedoch durch lange fortgesetztes Ausziehen mit dem Magnete das Pulver hiervon reinigen. Die Analyse I ist mit solchem durch den Magnet gereinigtem Pulver, die Analyse II dagegen mit einem größeren, völlig magneteisenfreiem Stücke dieses Minerals angestellt worden.

*Orthit von Fille-Fjeld.* In diesem Minerale sind dieselben Bestandtheile enthalten wie in dem vorigen, jedoch mit dem Hinzutreten von Yttererde. Die Analyse wurde also ganz auf dieselbe Weise unternommen, nur mit dem Unterschiede, daß die mit schwefelsaurem

Kali gesättigte Flüssigkeit, welche von dem schwefelsauren Ceroxydul-Kali abfiltrirt wurde, nicht bloß Eisenoxyd, sondern auch noch Yttererde aufgelöst enthielt. Ich brauche also nur hinzuzufügen, wie ich die Trennung dieser beiden Stoffe bewirkt habe. Die gewöhnliche Methode zur Trennung von Yttererde und Eisen besteht bekanntlich darin, daß man Weinsteinsäure zur Auflösung beider setzt, und alsdann das Eisen durch Schwefelammonium fällt. Diese Trennungsart hat jedoch besonders wegen der beschwerlichen Verbrennung der Weinsteinsäure und auch in anderer Hinsicht ihre großen Uebelstände, und ich versuchte daher, ob sich die Trennung nicht auch auf andere Art bewerkstelligen lasse. Da die Oxalsäure schon als gutes Reagenz auf Yttererde bekannt ist, so war es am natürlichsten, mit dieser zuerst Versuche anzustellen. Oxalsaure Yttererde ist ein in Wasser unlösliches Pulver, welches aber nicht unbedeutend von freier Salzsäure gelöst wird; die Yttererde konnte also nicht durch Oxalsäure aus der sauren Flüssigkeit gefällt werden. Ich verfuhr deshalb so, daß ich die Auflösung, welche Salzsäure im Ueberschuß enthielt, durch vorsichtig hinzugefügtes Ammoniak dem Sättigungspunkte nahe brachte, ohne daß jedoch hierdurch schon ein theilweiser Niederschlag entstand, und setzte hierauf eine Auflösung von neutralem essigsauren Ammoniak hinzu. Hierdurch mußte nothwendig alle freie Salzsäure vom Ammoniak gebunden werden, und die freie Säure war jetzt nur Essigsäure. Zugleich entstand hierbei eine Quantität essigsaures Eisenoxyd, wodurch die Farbe der Flüssigkeit sich vom Dunkelgelben in's Blutrothe umänderte. Darauf ward eine Auflösung von neutralem oxalsauren Ammoniak hinzugefügt. Zuerst bildete sich hierdurch kein Niederschlag; allein die Flüssigkeit entfärbte sich, was offenbar daher rührte, daß sich jetzt durch Wahlverwandtschaft oxalsaures Eisenoxyd und essigsaures Ammoniak gebildet hatte. Als aber mehr oxalsaures Ammo-

niak hinzugefügt wurde, entstand sogleich ein weißer, flockig käsiger Niederschlag, der sich leicht senkte. Es geht also hieraus hervor, daß salzsaure und essigsaure Yttererde gemeinschaftlich mit oxalsaurem Eisenoxyd in einer Auflösung vorhanden seyn können, ohne daß ein Niederschlag entsteht, was in der That sehr merkwürdig ist, und den chemischen Grundsätzen zu widersprechen scheint, da doch Oxalsäure mit der Yttererde eine unlösliche Verbindung giebt. Der entstandene Niederschlag wurde, nachdem er längere Zeit an einem erwärmten Orte gestanden hatte, filtrirt und mit warmem Wasser ausgewaschen. Das durch Ammoniak gefällte Eisen wurde hierauf wieder in Salzsäure gelöst und abermals auf die vorige Weise behandelt, ohne daß jedoch eine Spur von Yttererde mehr erhalten wurde. Die auf diese Art abgeschiedene Yttererde war fast rein weiß, wie man sie auf anderem Wege selten zu erhalten pflegt. Das Resultat der Analyse war folgendes:

III.	
Kieselerde	34,93
Thonerde	14,26
Eisenoxydul	14,90
Ceroxydul	} 21,43
Lanthanoxyd	
Manganooxydul	0,85
Kalkerde	10,42
Talkerde	0,86
Yttererde	1,91
Wasser	0,52
<hr/>	
100,08.	

Diese Analyse wurde von mir in Norwegen unternommen, als ich noch unbekannt mit den Eigenschaften des Lanthans war. Leider hatte ich nicht Material genug, um dieselbe in Berlin zu wiederholen.

*Gadolinit von Hitterön.* Die Bestandtheile dieses

Minerals sind: Kieselerde, Beryllerde, Yttererde, Eisenoxydul, Ceroxydul, Lanthanoxyd, Kalkerde. Dieselben unterscheiden sich also dadurch von denen des vorigen Minerals, daß Thonerde und Manganoxydul wegfallen, und daß dafür Beryllerde hinzutritt. Das analytische Verfahren blieb also im Wesentlichen ganz dasselbe, wie das vom Orthit von Fille-Fjeld, namentlich da die Beryllerde, gleich der Thonerde, durch Kochen mit kaustischem Kali getrennt werden konnte. Ich erhielt auf diese Weise nahe an 2 Proc. Beryllerde. Schon glaubte ich, daß diese Gadolinitart, gleich der von Kårarfvet, nur wenig Beryllerde enthielte, als ich mich einer Mittheilung erinnerte, welche mir der Hr. Graf von Schaffgotsch schon vor einigen Monaten gemacht hatte, nämlich daß er gefunden habe, »Die Beryllerde werde aus ihrer Auflösung in kaustischem Kali durch Kochen theilweise wieder aus derselben niedergeschlagen, und zwar in desto größerer Menge, je verdünnter die Auflösung sey.« Ich unterwarf deshalb das beim Kochen mit kaustischem Kali zurückgebliebene Eisenoxyd noch einer weiteren Prüfung. Dasselbe wurde in Salzsäure gelöst und mit einem großen Ueberschuß von kohlensaurem Ammoniak versetzt. Diese Reagenz eignet sich jedoch nicht zu einer genauen Trennung der Beryllerde vom Eisenoxyd, indem vom letzteren sich ebenfalls etwas auflöste. Jedoch konnte ich durch die sich bedeutend vermindernde Menge des Niederschlags schon erkennen, daß meine Vermuthung richtig war. Die so erhaltene eisenhaltige Beryllerde wurde nun abermals in Salzsäure gelöst, und mit einer concentrirten Auflösung von kaustischem Kali behandelt. Hierdurch schied sich jene geringe Menge Eisenoxyd ab, und aus der alkalischen Auflösung wurden noch über 7 Procent Beryllerde erhalten. Ich war also nahe daran gewesen die Hauptmenge dieser Erde zu übersehen. Daß hier keine Yttererde für Beryllerde, gehalten ist, geht daraus hervor, daß sie sich sowohl in kohlensaurem Am-

moniak als in kaustischem Kali vollkommen löste, welches letztere nur eine unbedeutende Menge Kohlensäure enthielt. Auch durch das Verhalten vor dem Löthrobre gegen Kobaltsolution, so wie durch die eigenthümlich lockere Beschaffenheit des geglühten Hydrats gab sich die Beryllerde als solche zu erkennen. Die Beobachtung des Hrn. Grafen von Schaffgotsch hat sich also hierdurch auf das Vollkommenste bestätigt.

Bei der Abscheidung der Yttererde durch die vorhin angegebene Methode habe ich noch auf einige Umstände aufmerksam zu machen, die mir bei der Analyse des Orthits von Fille-Fjeld, wo die Menge der Yttererde nur gering war, früher entgangen waren. Wenn die Menge der Yttererde im Verhältniß zu Cer und Lanthan sehr groß ist, wie z. B. beim Gadolinit von Hitterön, so darf die Auflösung, in welcher man die Trennung derselben durch schwefelsaures Kali vornimmt, nicht zu concentrirt seyn, weil sonst eine bedeutende Menge von Yttererde ebenfalls als Doppelsalz niedergeschlagen wird. Diefs ist nun zwar in einer concentrirten Auflösung von schwefelsaurem Kali löslich; allein beim Auswaschen kann sehr leicht ein Theil bei den Doppelsalzen des Lanthans und des Cers zurückbleiben, besonders wenn man versäumt die Aussüßflüssigkeit mit kaustischem Kali zu prüfen. Scheidet man aus diesen Doppelsalzen nachher beide Oxyde ab und trennt sie auf die von Mosander angegebene Methode, so wird man einen zu großen Lanthangehalt bekommen; denn auch Yttererde löst sich, gleich dem Lanthanoxyd, in verdünnter Salpetersäure.

Als die, durch Fällung mit oxalsaurem Ammoniak erhaltene, vermeintlich reine Yttererde wieder mit Salzsäure übergossen wurde, löste sie sich mit starkem Brausen auf. Ich fällte diese Auflösung durch Ammoniak, filtrirte, trocknete, glühte und wog die so erhaltene Yttererde. Sie hatte sehr bedeutend am Gewicht abgenom-



men. Die von ihr abfiltrirte Flüssigkeit ward daher eingedampft, die ammoniakalischen Salze wurden durch Erhitzen vertrieben und der hierdurch erhaltene Rückstand wurde geglüht und gewogen. Er wies sich als reines Chlorkalium aus, dessen Menge, als kohlen-saures Kali in Rechnung gebracht, genau dem Verluste der Yttererde gleich kam. Die zuerst erhaltene, vermeintliche Yttererde war also ein Gemenge von Yttererde und kohlen-saurem Kali gewesen, dadurch erzeugt, daß durch oxals-aures Ammoniak aus der Flüssigkeit, welche viel schwefelsaures Kali aufgelöst enthielt, ein Doppelsalz von oxal-saurer Yttererde-Kali gefällt wurde, welches sich durch Glühen in jenes Gemenge von Yttererde und kohlen-saurem Kali umwandelte. Bei der Trennung der Yttererde vom Eisen hat man also auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen. Man könnte dies allerdings vermeiden, wenn man Yttererde und Eisenoxyd zuerst durch Ammoniak fällte, wieder auflöste und nun durch oxals-aures Ammoniak trennte; allein die so erhaltene oxals-aure Yttererde ist noch schwieriger zu filtriren als jenes Doppelsalz. Auch das letztere muß längere Zeit hindurch an einem erwärmten Orte stehen. In einer Flüssigkeit, die kein schwefelsaures Kali aufgelöst enthält, könnte man die Trennung vielleicht am besten durch oxals-aures Kali bewirken.

Die Zusammensetzung des Gadolinit von Hitterön wurde folgendermaßen gefunden:

	IV.
Kieselerde	25,78
Beryllerde	9,57
Yttererde	45,67
Ceroxydul	1,81
Lanthanoxyd	4,75
Eisenoxydul	12,79
Kalkerde	0,34
	<hr/>
	100,71.

Hinsichtlich des Gehalts an Cer und Lanthan habe ich noch Folgendes zu bemerken. Das bei einem zweiten, qualitativen Versuche erhaltene Gemenge von Ceroxydul und Lanthanoxyd zeigte sich, nach Mosander's Angabe, mit verdünnter Salpersäure behandelt, völlig löslich darin. Es bleibt also zweifelhaft, ob jene 1,81 Proc. Ceroxydul wirklich vorhanden waren, oder ob das Mineral nur Lanthan enthält. Meine Zeit erlaubt mir jetzt nicht die Analyse zu wiederholen. Auch kann das Lanthanoxyd, aus vorhin angegebenen Gründen, leicht etwas yttererdehaltig gewesen seyn.

*Allanit von Snarum.* Obgleich dieses Mineral dieselben Bestandtheile enthält wie der Allanit von Jotun-Fjeld, so ist es dennoch nur höchst unvollkommen aufschliefsbar durch Säuren. Ich mußte mich daher zu seiner Zerlegung des Schmelzens mit kohlensaurem Natron bedienen. Die in einem Platintiegel geschmolzene Masse wurde mit Wasser übergossen und längere Zeit hindurch an einem erwärmten Orte damit stehen gelassen, bis sich die ganze Masse erweicht und zum Theil gelöst hatte. Darauf wurde Salzsäure hinzugefügt und die Flüssigkeit bis zur Trockniß eingedampft. Die eingetrocknete Masse wurde darauf wieder mit Salzsäure befeuchtet, etwa eine Stunde damit in Berührung gelassen, dann mit Wasser übergossen, und, nach geschehener Lösung die Kieselerde abfiltrirt. Hierauf war der Gang der Analyse ganz wie beim Allanit von Jotun-Fjeld. Nur noch eines Umstandes will ich hierbei gedenken. Die von diesem Minerale erhaltene Kieselerde ist nämlich nach dem Glühen stets röthlich gefärbt. Ich glaubte anfangs, daß dies von Eisenoxyd herrühre, überzeugte mich aber bald, daß dies nicht der Fall sey. Die röthliche Kieselerde wurde nämlich durch Befeuchten mit Schwefelammonium nicht schwarz, und verlor auch ihre Farbe nicht durch lange fortgesetztes Kochen mit Salzsäure. Ich schmolz sie daher nochmals mit dem Mehrfachen von kohlensaurem Na-

tron zusammen, und löste das entstandene kiesel-saure Natron in Wasser auf, wodurch eine geringe Menge eines rothen Pulvers zurückblieb. Auch dieß widerstand der Einwirkung von Salzsäure und Salpetersäure, verhielt sich aber vor dem Löthrohr wie Cer. Durch Kochen mit Schwefelsäure ward es dagegen weiß, und es zeigte sich, daß das Zurückgebliebene Kieselerde war, und jenes rothe Pulver bestand daher aus Kieselerde und Ceroxyd. Es scheint also, daß Kieselerde und Ceroxyd (oder vielleicht auch Lanthanoxyd) sich unter gewissen Verhältnissen sehr innig verbinden können.

Aus zwei analytischen Untersuchungen ergaben sich die folgenden Resultate:

	V.	VI.
Kieselerde	35,75	34,00
Thonerde	15,49	16,40
Eisenoxydul	15,19	15,51
Ceroxydul	19,96	13,73
Lanthanoxyd		7,80
Kalkerde	11,25	11,75
Talkerde	0,77	0,56
	<hr/> 98,41	<hr/> 99,75.

Die größere Menge Kieselerde bei der Analyse V dürfte vielleicht darin ihren Grund haben, daß eine kleine Menge Albit mit in die Analyse gekommen ist, indem derselbe sehr innig verwachsen mit dem Allanite vorkommt. Die Analyse V wurde in Norwegen, die andere in Berlin unternommen.

Vergleicht man die Zusammensetzung des Allanits von Snarum mit der des Allanits von Jotun-Fjeld, so findet man durchaus keinen wesentlichen Unterschied zwischen beiden, dennoch aber ist das erstere Mineral in Säuren löslich, und das andere nicht durch dieselben aufschließbar. Beide Mineralien sind daher als *isomer* zu betrachten.

**Cerin von Riddarhyttan.** Die Art der Zerlegung dieses Minerals war genau dieselbe wie die des vorigen, da es die gleichen Bestandtheile enthielt, und nicht durch Säuren aufgeschlossen werden konnte. Auch hier wurde wieder jene röthlich gefärbte Kieselerde erhalten, obgleich die zur Trockne eingedampfte Masse des aufgeschlossenen Minerals mehrere Stunden hindurch mit Säure digerirt wurde, um alle beim Eintrocknen vielleicht gebildeten basischen Salze wieder zu lösen. Die Zusammensetzung des Cerins fand ich:

VII.	
Kieselerde	32,06
Thonerde	6,49
Eisenoxyd	25,26
Ceroxydul	23,80
Lanthanoxyd	2,45
Kalkerde	8,08
Talkerde	1,16
Wasser	0,60
<hr/>	
	99,90.

Ich habe hierbei sämmtliches Eisen als Eisenoxyd in Rechnung gebracht; weiter unten werde ich mich jedoch näher über die Oxydationsstufe desselben in diesem Minerale aussprechen. Eine auffallende Erscheinung beim Cerin ist die geringe Quantität Lanthan im Verhältniß zu der des Cers. Ich behandelte jedoch das Gemenge beider ganz auf die nämliche Weise wie zuvor, so daß hierdurch kein Irrthum entstehen konnte.

### Chemische Formeln.

Man erhält erst den richtigen Ueberblick über die chemische Constitution eines Minerals, wenn man seine isomorphen Bestandtheile zusammen gruppirt, und sie unter eine gemeinsame Formel bringt. Ich werde deshalb

die schon angeführten analytischen Resultate meiner und anderer Analysen noch einmal in der Weise wieder geben, daß dabei auf Isomorphie und Atomenverhältnisse Rücksicht genommen ist. Natürlich können hierbei nur die genaueren Analysen in Betracht kommen, die nach neuen sicheren Methoden ausgeführt wurden.

### I. Allanit.

#### a) Auflösliche isomere Varietät.

##### 1) Stromeyer; von Grönland:

			Atomenwerthe.
Kieselerde	33,02		5,72
Thonerde	15,22		2,37
Eisenoxydul	15,10	3,44	9,84
Ceroxydul	21,60	3,20	
Manganoxydul	0,40	0,09	
Kalk	11,08	3,11	

##### 2) Scheerer; von Jotun-Fjeld:

###### I.

Kieselerde	34,69		6,00
Thonerde	15,58		2,42
Eisenoxydul	14,42	3,28	10,30
Ceroxydul und Lanthanoxyd	19,65	2,91	
Manganoxydul	1,55	0,42	
Kalkerde	11,90	3,34	
Talkerde	1,09	0,35	

###### II.

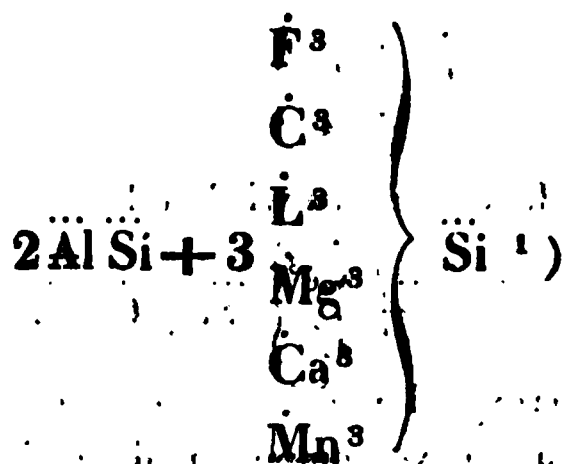
Kieselerde	35,15		6,09
Thonerde	16,23		2,53
Eisenoxydul	15,55	3,54	10,27
Ceroxydul	13,34	2,83	
Lanthanoxyd	5,80		
Manganoxydul	0,98	0,22	
Kalkerde	12,02	3,38	
Talkerde	0,78	0,30	

## b) Unauflösliche isomere Varietät.

## 1) Scheerer; von Snarum:

I.			Atomenwerthe.
Kieselerde	35,75		6,20
Thonerde	15,49		2,41
Eisenoxydul	15,19	3,46	9,88
Ceroxydul und Lanthanoxyd	19,96	2,96	
Kalkerde	11,25	3,16	
Talkerde	0,77	0,30	
II.			
Kieselerde	34,00		5,90
Thonerde	16,40		2,55
Eisenoxydul	15,51	3,53	10,17
Ceroxydul	13,73	3,14	
Lanthanoxyd	7,50		
Kalkerde	11,75	3,30	
Talkerde	0,56	0,20	

Schon beim ersten Blick auf diese Atomenverhältnisse überzeugt man sich, dass diese Mineralien dreier verschiedener Fundorte ganz nach demselben Principe zusammengesetzt sind. Kieselerde, Thonerde, und die 1 und 1 atomigen Basen stehen in allen in dem Atomenverhältnisse von 5 : 2 : 9, welches keine Formel natürlicher ausdrückt als:



wo sich also die Basen beider Glieder auf gleicher Sättigungsstufe, nämlich als Drittel-Silicate, befinden.

## II. Orthit.

### 1) Berzelius; von Finbo:

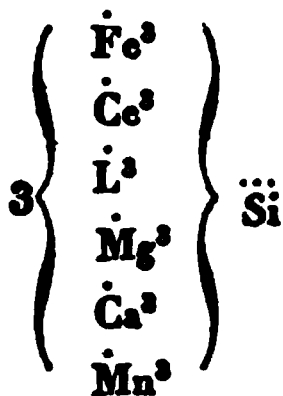
			Atomenwerthe:
Kieselerde	36,25		6,27
Thonerde	14,00		2,18
Eisenoxydul	11,42	2,60	7,61
Ceroxydul	17,39	2,58	
Yttererde	3,80	0,76	
Manganoxydul	1,36	0,30	
Kalkerde	4,89	1,37	

### 2) Berzelius; vom Gottliebsgange:

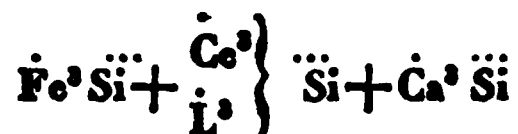
#### I.

Kieselerde	32,00		5,54
Thonerde	14,80		2,30
Eisenoxydul	12,44	2,83	9,35
Ceroxydul	19,44	2,88	
Yttererde	3,44	0,68	
Manganoxydul	3,40	0,76	
Kalkerde	7,84	2,20	

#### II.



welches später noch oft vorkommen wird, sollte man eigentlich schreiben:

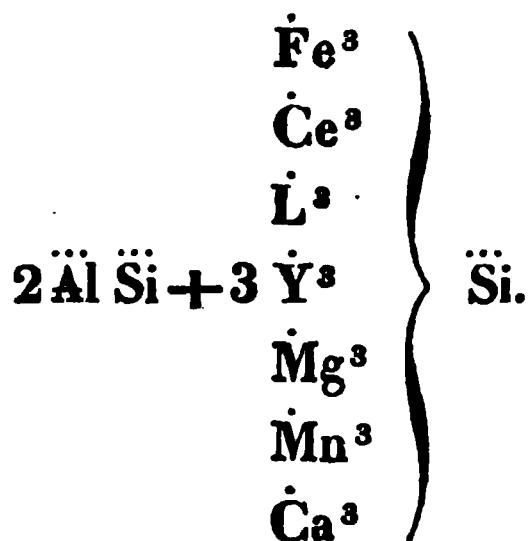


indem Eisenoxyd, Ceroxydul und Kalkerde stets, der Hauptsache nach, in denselben Verhältnissen vorkommen und nur kleine Mengen derselben durch Mg, Mn ersetzt sind. Der Kürze wegen habe ich erstere Schreibart vorgezogen.

## II.

			Atomenwerthe.
Kieselerde	32,18		5,58
Thonerde	14,81		2,31
Eisenoxydul	12,38	2,82	9,41
Ceroxydul	20,51	3,04	
Yttererde	2,87	0,57	
Manganoxydul	3,36	0,75	
Kalkerde	7,96	2,23	
3) Scheerer; von Fille-Fjeld:			
Kieselerde	34,93		6,00
Thonerde	14,26		2,22
Eisenoxydul	14,90	3,40	10,40
Ceroxydul	21,43	3,18	
Yttererde	1,91	0,38	
Manganoxydul	0,85	0,19	
Kalkerde	10,42	2,92	
Talkerde	0,86	0,33	

Von den vier angeführten Analysen stimmen die drei letzteren sehr gut mit einander überein, und geben das Atomenverhältniß von Kieselerde zu Thonerde und den 1 atomigen Basen wie 5 : 2 : 9; also gerade dasselbe wie beim Allanit; und folglich würde die Formel für den Orthit:



Der Orthit ist also nicht wesentlich vom Allanit verschieden, sondern nur in sofern, als in ihm die Yttererde als isomorpher Bestandtheil auftritt. Wie wenig dieß aber für die Natur des Minerals entscheidend sey,



geht daraus hervor, daß offenbar ein Uebergang aus dem Orthit in den Allanit stattfindet. Der Orthit von Finbo enthält etwa vier, der Orthit vom Gottliebsgange etwa drei und der vom Fille-Fjeld nur gegen 2 Proc. Yttererde; und es könnte leicht der Fall seyn, daß man einen Orthit fände, welcher nur Spuren von Yttererde enthielte, und also ganz auf der Gränze zwischen Orthit und Allanit stehen würde.

Was den Orthit von Finbo betrifft, so stimmt seine Zusammensetzung nur wenig mit der der übrigen; allein sie ist ihnen doch ähnlich genug, um die Verwandtschaft dieses Minerals mit den andern Orthiten deutlich zu erkennen. Ehe wir uns bemühen für diese Varietät eine besondere Formel ausfindig zu machen, könnte es wohl natürlicher seyn den Grund jener Abweichung in einer möglichen Einmischung eines fremden Minerals oder vielleicht auch in einer Verwitterung zu suchen. Für letzteres würde der hohe Kieselerdegehalt und die große Menge des Wassers sprechen.

### III. C e r i n.

#### 1) Hisinger; von Riddarhyttan:

			Atomenwerthe:
Kieselerde	30,17		5,22
Thonerde	11,31		1,76
Eisenoxydul	18,65	4,25	10,69
Ceroxydul	26,22	3,88	
Kalkerde	9,12	2,56	

#### 2) Scheerer; von eben daher:

Kieselerde	32,06		5,55
Thonerde	6,49		1,01
Eisenoxydul	22,73	5,18	11,79
Ceroxydul	23,80	3,89	
Lanthanoxyd	2,45		
Kalkerde	8,08	2,27	
Talkerde	1,16	0,45	

Ich habe hierbei das Eisen als Oxydul in Rechnung gebracht, weil Hisinger vermuthet, daß es als solches im Mineral enthalten sey. Ich werde jedoch zeigen, daß man dieß nicht wohl annehmen könne, sondern daß uns die Umstände auf eine andere Ansicht führen. Sowohl Hisinger's als meine Analyse weichen quantitativ von der des Allanits ab, obgleich dieselben Bestandtheile darin auftreten. Wenn wir aber auch annehmen, daß darin ein anderes Mineral sey, dem folglich eine andere Formel zukomme, so geben die berechneten Atomenverhältnisse durchaus kein genügendes Resultat. Durch die Vergleichung beider Analysen findet man, außer kleineren Abweichungen, hauptsächlich darin einen erheblichen Unterschied, daß Hisinger 5 Proc. Thonerde mehr angiebt als ich gefunden habe. Ich habe mich hierbei durch mehrfache Versuche überzeugt, daß bei meiner Analyse keine Thonerde bei den übrigen Bestandtheilen, namentlich nicht beim Eisen, zurückgeblieben ist. Wenn wir aber die Richtigkeit beider Analysen anerkennen, und nicht annehmen wollen, daß der Cerin ein Gemenge von Mineralien sey, wofür seine krystallinische Beschaffenheit durchaus nicht spricht, so bleibt nichts übrig als die Vermuthung, daß die Thonerde in diesem Minerale durch einen mit ihr isomorphen Körper theilweis ersetzt werde. Dieß kann nun keiner mit größerer Wahrscheinlichkeit seyn als Eisenoxyd. Auch die bräunliche Farbe des Pulvers spricht für diese Oxydationsstufe des Eisens. Es fragt sich jetzt aber, ob wir die *ganze Quantität* des Eisens als Oxyd annehmen sollen oder nur *einen Theil* davon. Durch einen directen Versuch überzeugte ich mich, daß auch Eisenoxydul im Minerale vorhanden sey. Wird dasselbe nämlich fein gepulvert und mit Schwefelsäure gekocht, so erhält man es theilweis aufgeschlossen. Die hierdurch erhaltene Auflösung giebt alsdann mit Kalium-Eisen-Cyanid einen reichlichen Niederschlag von Berlinerblau. Steht es nun fest, daß der

Cerin sowohl Eisenoxyd als Eisenoxydul enthält, so handelt es sich jetzt bloß um deren relative Menge. Leider kann diese durch einen Versuch nicht ausgemittelt werden, da das Mineral zur vollständigen Zerlegung mit kohlensaurem Natron geschmolzen werden muß. Da aber, nach den schon angeführten Untersuchungen des Hrn. Prof. G. Rose die Krystallform des Cerins dieselbe ist wie die des Allanits, so ist es sehr natürlich beide Mineralien nach derselben Formel zusammengesetzt zu vermuthen, und folglich so viel Eisen als Eisenoxyd zu berechnen, als erfordert wird, um die 2 At. Thonerde des Allanits zu ergänzen. Der Erfolg dieses Verfahrens wird uns am besten über dessen Richtigkeit belehren. Folgendes sind die Resultate, welche sich ergeben, wenn man beide Analysen nach dieser Ansicht berechnet:

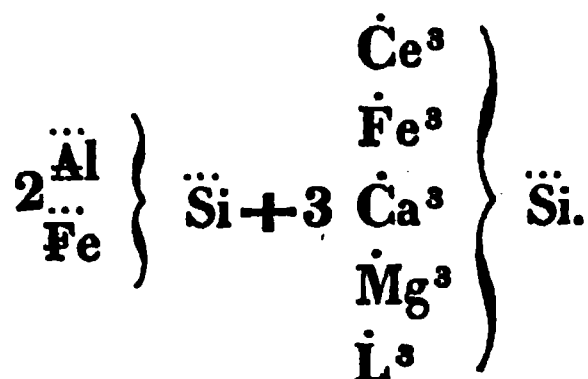
1) Hisinger, von Riddarhyttan:

			Atomenwerthe:
Kieselerde	30,17		5,23
Thonerde	11,31	1,76	2,09
Eisenoxyd	3,23	0,33	
Eisenoxydul	15,72	3,58	10,02
Kalkerde	9,12	2,56	
Ceroxydul	26,22	3,88	
(Wasser u. zufällig. Kupferoxyd	1,27)		

2) Scheerer; von Snarum;

Kieselerde	32,06			5,55
Thonerde	6,49	1,01	}	2,22
Eisenoxyd	11,86	1,21		
Eisenoxydul	12,03	2,74	}	9,35
Kalkerde	8,08	2,27		
Ceroxydul	23,80	3,89		
Lanthanoxyd	2,45			
Talkerde	1,16	0,45		
(Wasser	6,60)			

Man kann wohl sagen, daß der Ausfall meine Hypothese gerechtfertigt habe. Beide Analysen geben sehr nahe das Atomenverhältniß von 5 : 2 : 9, und folglich kann man, mit Zuziehung der andern angeführten Gründe, wohl mit großer Wahrscheinlichkeit behaupten, daß *Cerin*, *Allanit* und *Orthit* nur durch *Isomorphie* von einander verschieden seyen. Die Formel für den Cerin würde demnach:



Die Analyse des Cerins aus Mysore von Wollaston hat zu viel Verlust, als daß man einen zuverlässigen Schluß auf die Zusammensetzung dieses Minerals machen könnte. Dennoch will ich die stöchiometrische Berechnung zur Vergleichung hier anführen:

			Atomenwerthe.
Kieselerde	34,00		5,88
Thonerde	9,00	1,40	2,35
Eisenoxyd	8,36	0,95	
Eisenoxydul	21,27	4,84	7,77
Ceroxydul	19,80	2,93	

Es ergibt sich hieraus also wenigstens eine Annäherung zum obigen Verhältnisse, die vielleicht größer seyn würde, wenn der stattgefundenene Verlust nicht über 7 Proc. betrüge.

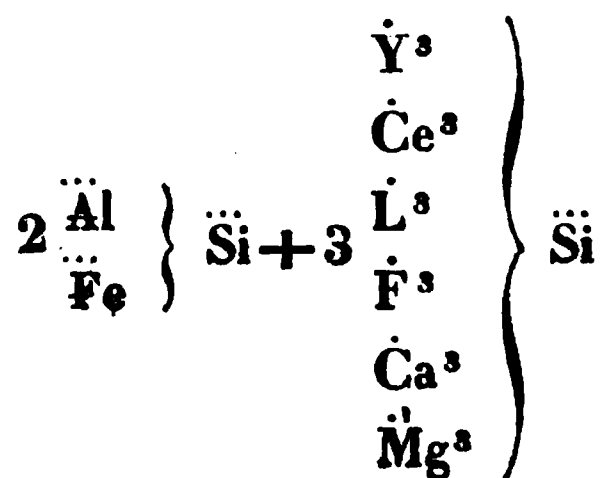
#### IV. Orthit von Ytterby.

Ich führe diese Varietät des Orthits deshalb besonders auf, weil die Analysen von Berlin mir zu beweisen scheinen, daß sie eine eigene Species in dieser Klasse von Mineralien bilde. Die verschiedenen Quantitäten

von Thonerde, welche Berlin bei zwei Analysen fand, scheinen es auch hier wahrscheinlich zu machen, daß Eisenoxyd der ergänzende Bestandtheil sey. Ich werde deshalb die Atomenverhältnisse, nach diesem Principe berechnet, anführen:

I.			Atomenwerthe.
Kieselerde	36,24		6,28
Thonerde	8,18	1,27	} 2,30
Eisenoxyd	9,06	1,03	
Yttererde	29,81	5,94	} 8,56
Ceroxydul	4,98	0,74	
Kalkerde	5,48	1,54	
Talkerde	0,61	0,24	
Kali u. Natron	0,61	0,10	
II.			
Kieselerde	33,60		5,82
Thonerde	12,58	1,96	} 2,33
Eisenoxyd	3,62	0,37	
Eisenoxydul	10,23	2,33	} 10,57
Yttererde	20,83	4,15	
Ceroxydul	4,56	0,67	
Kalkerde	9,59	2,70	
Talkerde	1,60	0,62	
Kali u. Natron	0,62	0,10	

Die Analyse I giebt kein gutes Resultat, während dagegen die Analyse II mit der größt möglichen Schärfe das Atomenverhältniß 5 : 2 : 9 repräsentirt. Wenn ich daher die Formel:



für den Orthit von Ytterby aufstelle, will ich die Richtigkeit derselben gerade nicht mit derselben Bestimmtheit behaupten, wie beim Cerin, sondern nur deren *Wahrscheinlichkeit* hervorheben. Da dieß Mineral durch Säuren zerlegbar ist, so wird man analytisch die relativen Mengen von Eisenoxyd und Eisenoxydul ausmitteln und dadurch die Wahrheit meiner Vermuthung prüfen können.

#### V. G a d o l i n i t.

Betrachten wir sämmtliche vorher angeführte Analysen von Gadoliniten, so scheinen daraus zwei wesentliche Unterschiede dieser Mineralien hervorzugehen. Es sind dieß nämlich die *beryllerdefreien* und die *beryllerdehaltigen* Gadolinite. Da die Beryllerde als eine 2- und 3atomige Base betrachtet wird, so muß sie in den beryllerdehaltigen Gadoliniten ein besonderes Glied bilden, welches von dem der 1- und 1atomigen Basen verschieden ist. Allein diese Erde tritt in so abweichenden Mengen auf, daß diese Annahme noch nicht hinreicht. Es müßte alsdann noch in den Gadoliniten ein Bestandtheil vorkommen, welcher die fehlenden Mengen der Beryllerde ersetzte, wozu sich, ähnlich wie beim Cerin, kein mehr wahrscheinlicher Bestandtheil fände als Eisenoxyd. Jedoch die so abweichend gefundenen Mengen von Beryllerde könnten auch noch in einem anderen Umstande ihren Grund haben. Das von Hrn. Grafen Schaffgotsch entdeckte Verhalten einer Auflösung von Beryllerde in kaustischer Kalilauge beim Kochen, kann bei diesen Analysen sehr leicht bewirkt haben, daß der Beryllerdegehalt zu gering und der Gehalt an Eisenoxydul deshalb zu groß gefunden wurde. Bei der Anwendung des bernsteinsäuren Ammoniaks als Fällungsmittel des Eisens hat man aber ein noch ungenaueres Resultat erhalten; denn wenn man die eisenoxydhaltige Auflösung so weit durch Ammoniak sättigt, als es zur genauen Fällung des Eisenoxyds zu geschehen pflegt, so schlägt bern-

steinsaures Ammoniak zugleich auch die Beryllerde nieder. Da ich aber voraussetze, daß man sich des bernsteinsauren Ammoniaks, wo es überhaupt angewendet wurde, nicht eher werde bedient haben, als bis man sich durch kaustisches Kali von der Abwesenheit der Beryllerde überzeugt hatte, und da beim Kochen der Kalilauge zwar *ein Theil*, aber *nicht alle* Beryllerde niedergeschlagen wird, so können einzelne der Analysen wohl zu wenig Beryllerde angeben; allein die Anwesenheit derselben kann nicht gänzlich übersehen worden seyn. Trotz dem früher nicht bekannten Verhalten der Beryllerde gegen Kaliauflösung, ist es daher dennoch sehr wahrscheinlich, daß es *beryllerdefreie* und *beryllerdehaltige* Gadolinite giebt. Zu den ersteren würden gehören; 1) der Gadolinit von Finbo, 2) der von Brodbo, 3) der von Ytterby; zur zweiten Klasse dagegen die Gadolinite: 1) von Kärarfvat, 2) von Fahlun, 3) von Hitterön und 4) der von Thomson und Steele analysirte Gadolinit von unbekanntem Fundorte. Allein nur in dem Gadolinit von Hitterön, da mir jenes Verhalten der Beryllerde bekannt war, wissen wir deren Quantität mit Zuverlässigkeit.

Betrachten wir also jetzt zuerst die beryllerdefreien Gadolinite, und sehen wir, welchen Atomenverhältnissen ihre Bestandtheile entsprechen.

1) Berzelius; von Finbo:

			Atomenwerthe.
Kieselerde	25,80		4,47
Yttererde	45,00	8,95	13,76
Ceroxydul	16,69	2,47	
Eisenoxydul	10,26	2,34	

2) Derselbe; von Brodbo:

Kieselerde	24,16		4,19
Yttererde	45,93	9,13	14,21
Ceroxydul	16,90	2,50	
Eisenoxydul	11,34	2,58	

## 3) Berlin; von Ytterby:

## I.

			Atomenwerthe.
Kieselerde	25,62		4,44
Yttererde	50,00	9,94	14,97
Ceroxydul	7,90	1,17	
Eisenoxydul	14,44	3,29	
Kalkerde	1,30	0,36	
Talkerde	0,54	0,21	

## II.

Kieselerde	25,26		4,38
Yttererde	45,53	9,05	14,71
Ceroxydul	6,08	0,90	
Eisenoxydul	20,28	4,62	
Kalkerde	0,50	0,14	

Ich glaube, -dafs es nicht zu viel gewagt sey, wenn man annimmt, dafs das Atomenverhältnifs der Kieselerde zu den Basen in diesen Mineralien wie 1 : 3 ist. Die Analyse des Gadolinit von Finbo stimmt hiermit sehr gut überein, und wenn es die andern weniger thun, nämlich meist einen Ueberschufs an Basen geben, so kann diefs möglicherweise darin seinen Grund haben, dafs die analysirten Gadolinitstücke mit Magneteisen fein durchsprengt waren, wie ich vorhin eines gleichen Falles beim Allanit von Jotun-Fjeld gedacht habe. Noch wahrscheinlicher wird diefs dadurch, dafs ich in einem Stücke Gadolinit von Ytterby wirklich fein eingesprengtes Magneteisen gefunden habe, welches sich, beim Pulvern des Minerals durch den Magnet ausziehen liefs. Durch das blofse Ansehen wurde diese fremdartige Beimengung durchaus nicht verrathen. Das Stück, obwohl auf einigen Stellen etwas verwittert und mit einem Anflug von kohlen-saurer Yttererde überzogen, war an andern vollkommen glänzend und homogen. Es ist also sehr leicht diese Einmischung zu übersehen, und alsdann mufs natürlich



die Menge der Basen im Verhältniß zur Kieselerde zu groß ausfallen.

Was nun die beryllerdehaltigen Gadolinite anbelangt, so läßt sich über deren stöchiometrische Constitution nicht eher etwas mit Gewißheit sagen, als bis deren Beryllerdegehalt mit größerer Genauigkeit erforscht ist. Den Gadolinit von Hitterön untersuchte ich auch zugleich auf den relativen Gehalt von Eisenoxyd und Eisenoxydul. Eine fein gepulverte Quantität desselben wurde nämlich in einer Göttinger Flasche mit Salzsäure übergossen, und zugleich etwas kohlensaures Ammoniak in Stücken hinzugesetzt, um die Flasche mit einer Atmosphäre von Kohlensäure zu füllen. Darauf wurde das Ganze zur völligen Zersetzung erwärmt, und dann feste kohlensaure Baryterde hineingeworfen, um nach der Methode von Fuchs das Eisenoxyd zu fällen, während das Eisenoxydul aufgelöst blieb. Nach einem schnellen Aufkochen wurde schnell filtrirt. Das Eisenoxyd wurde nachher von der überschüssig hinzugesetzten kohlensauren Baryterde getrennt und das Eisenoxydul aus der durchfiltrirten Flüssigkeit abgeschieden, nachdem es vorher in Oxyd umgewandelt worden war. Es wurden auf diese Weise 1,23 Proc. Eisenoxyd erhalten, und die Zusammensetzung des Gadolinit von Hitterön wäre demnach:

Kieselerde	25,78
Beryllerde	9,57
Eisenoxyd	1,23
Eisenoxydul	11,68
Yttererde	45,67
Ceroxydul und Lanthanoxyd	6,56
Kalkerde	0,34.

Rechnet man nun das Eisenoxyd als isomorphen Bestandtheil zur Beryllerde, und versucht ein einfaches Atomenverhältniß zwischen Kieselerde, den 2- und 3atomigen, und den 1- und 1atomigen Basen zu finden, so glückt dieß durchaus nicht, sondern man bekommt sehr

unwahrscheinliche Formeln. Es fragt sich daher, ob jene kleine Quantität Eisenoxyd nicht von einer theilweisen Verwitterung des Minerals herrühre, oder ob sich nicht eine Quantität Eisenoxydul während jener Trennungsmethode höher oxydirt habe? Aber auch selbst wenn man die Beryllerde als einzigen 2- und 3atomigen Bestandtheil annimmt, ergiebt sich noch keine Formel. Rechnet man dagegen die Beryllerde zu den 1- und 1atomigen Basen, so erhält man dasselbe ganz einfache Atomenverhältniß wie beim beryllerdefreien Gadolinit, nämlich 1 : 3. Es würde dies also sehr dafür sprechen, daß man die Beryllerde als 1- und 1atomige Base betrachten müsse, wie schon v. Kobell es seit längerer Zeit thut. Für diese Ansicht spricht auch die That- sache, daß sie nicht durch Kochen mit kohlensaurem Baryt aus ihrer Auflösung gefällt wird, was doch mit Eisenoxyd und Thonerde der Fall ist. In dem gefällten Eisen war zwar etwas Beryllerde enthalten; allein bei- weitem die größte Menge blieb aufgelöst. Ich halte je- doch diese Gründe für nicht entscheidend genug, um mit Bestimmtheit jene Ansicht zu begründen.

So viel scheint mir ausgemacht, daß der beryller- defreie Gadolinit nach der Formel:



zusammengesetzt ist. Daß in ihm die fehlende Beryll- erde nicht durch Eisenoxyd ersetzt ist, habe ich durch einen directen Vergleich bewiesen, indem ich Gadolinit von Finbo auf die beschriebene Weise mit kohlensau- rer Baryterde behandelte, wodurch nur eine ganz unbe- trächtliche Spur Eisenoxyd abgeschieden wurde. Auch Ceroxyd ( $\ddot{\text{Ce}}$ ) enthielt dieser Gadolinit nicht, was dar- aus hervorging, daß eine fein gepulverte Quantität dessel- ben mit concentrirter Salzsäure übergossen und ein Gold-

blatt hinzugesetzt, nach 24stündigem Stehen keine goldhaltige Auflösung gab, die durch Zinnchlorür ihre Farbe im geringsten veränderte. Wenn man also die Beryllerde als 2- und 3atomige Base betrachtet, so folgt daraus, daß der beryllerdefreie und der beryllerdehaltige Gadolinit zwei Mineralien von ganz verschiedenen Formeln seyn. Ich gestehe jedoch, daß ich dieß nicht glaube. Völlige Aufklärung über diesen zweifelhaften Punkt kann man nur durch sorgsame Wiederholung der Analysen der verschiedenen Gadolinite erhalten, wobei vorzüglich Folgendes zu beobachten wäre:

- 1) Daß man sich versicherte, keinen magneteisenhaltigen Gadolinit zu analysiren.
- 2) Daß man zur Trennung der Beryllerde nur kalte Kalilauge anwendete.
- 3) Daß man bei der Trennung der Yttererde vom Cer und Lanthan sich vorsähe, daß bei der letzteren keine Yttererde zurückbliebe. Wie man dieß so viel als möglich verhüten könne, ist oben erwähnt worden.
- 4) Endlich, daß man berücksichtigte, daß eine Quantität Eisen auch als Eisenoxyd im Minerale enthalten seyn kann.

Außerdem sollten auch noch zuvor genau die Atomengewichte des Cers und Lanthans ausgemittelt seyn, da es scheint als fänden sich beide Metalle nicht in dem gewöhnlichen Verhältnisse von 2 : 1 in den Gadoliniten. Aber nur etwa für dieses Verhältniß paßt das bisher angenommene Atomengewicht des Cers. Sehr gern hätte ich alle diese zweifelhaften Punkte noch durch Versuche aufgeklärt, wenn es mir nicht durch Mangel an Zeit und Material unmöglich gemacht worden wäre. Auch in den nächsten zwei Jahren sehe ich keine Gelegenheit hierzu ab, und es sollte mich daher sehr freuen, wenn irgend ein Freund analytischer Mineraluntersuchungen sich dieß schwierige, aber gewiß sehr interessante und

in seinen Folgen fruchtbare Thema zum Gegenstande einer Arbeit wählen wollte.

### Ueber einige merkwürdige Erscheinungen beim Glühen dieser Mineralien.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß ein Stück Gadolinit, bis zum dunkeln Rothglühen erhitzt, plötzlich eine Lichtentwicklung, ähnlich einer Verglimmung, zeigt. Auch der Gadolinit von Hitterön zeigt diese merkwürdige Erscheinung. Wendet man hierzu große Stücke an, welche man in einen theilweis bedeckten Platintiegel legt, um das Mineral (zum besseren Wahrnehmen der Erscheinung) im Dunkeln zu halten, so sieht man, beim Eintreten des erforderlichen Hitzgrades, plötzlich von dem am stärksten erwärmten Punkte des Minerals aus, gleichsam einen Feuerstrom sich durch dasselbe bewegen. Man hat vermuthet, daß dies von einer veränderten Anordnung der Atome herrühre, ohne jedoch näher auf den eigentlichen Hergang hierbei einzugehen. Nach meinen Versuchen hierüber wird eine solche Atomenversetzung sehr wahrscheinlich gemacht, und zwar keine bloße Aenderung der relativen Lage derselben, sondern eine wirkliche Aneinanderrückung. Der Gadolinit von Hitterön verändert nämlich nach jenem Erglühen sein specifisches Gewicht ziemlich bedeutend. Vor dem Glühen fand ich dasselbe gleich 4,35 und nach demselben 4,63. Es hat sich also um 0,28 vergrößert, woraus folgt, daß der Gadolinit nach eingetretener Lichterscheinung nur 0,9395 seines vorigen Raumes einnimmt. Ich wendete zu den Versuchen hierüber jedesmal Quantitäten von etwa 3,5 Grm. an, so daß diese Zahlen hinreichende Zuverlässigkeit haben. Auch beobachtete ich die Vorsicht, den geglühten Gadolinit, welcher voller ganz feiner Sprünge war, vorher zu pulvern, um kein zu geringes spec. Gewicht zu erhalten. Jedoch ward

hierdurch nur eine geringe Veränderung des Resultats bewirkt. Das spec. Gewicht der geglühten Stücke war 4,61 und das des Pulvers derselben 4,63.

Dieses interessante Verhalten des Gadolinit leitete mich darauf, dieselbe Eigenschaft auch bei anderen Mineralien zu suchen. Zuerst prüfte ich die von mir in dieser Abhandlung beschriebenen, und fand, daß der Orthit von Fille-Fjeld und der Allanit von Jotun-Fjeld ganz dieselbe Erscheinung zeigen. In der folgenden kleinen Zusammenstellung hat man eine Uebersicht der Gewichtsverhältnisse und der Gröfse der Contraction dieser drei Mineralien:

	Specifisches Gewicht		Volumverminderung.
	vor der Feuererscheinung	nach der Feuererscheinung	
Gadolinit, von Hitterön	4,35	4,63	0,9395
Orthit, von Fille-Fjeld	3,65	3,94	0,9264
Allanit, von Jotun-Fjeld	3,54	3,76	0,9417

Man ersieht hieraus, daß die Volumverminderung eine fast gänzlich constante ist, nämlich sich etwa dem Bruchtheil 0,94 nähernd. Daß übrigens dies Phänomen nicht in dem Entweichen flüchtiger Bestandtheile dieser Mineralien begründet ist, ergibt sich daraus, daß der Gadolinit so gut wie gar nichts an seinem absoluten Gewichte verliert. 3,390 Grm. Gadolinit wogen nach dem Glühen 3,384 Grm. Die beiden andern Mineralien enthalten zwar mehr Wasser, jedoch, wie man aus den vorn angeführten Analysen ersieht, ebenfalls nur unbedeutliche Quantitäten. Jedenfalls lege ich jedoch auf meine Versuche mit dem Gadolinit das größte Gewicht, weil er einerseits beim Glühen sein absolutes Gewicht fast gar nicht ändert, und andererseits, weil mir größere und

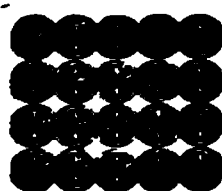
reinere Stücke davon zu Gebote standen, als von irgend einem der übrigen Mineralien.

Was den Allanit von Snarum und den Cerin von Riddarhyttan betrifft, so zeigen dieselben nach dem Glühen nur unbedeutende Veränderungen des spec. Gewichts; allein *sie besitzen auch nicht jene ausgezeichnete Eigenschaft des plötzlichen Erglühens*. Das spec. Gewicht des ersteren Minerals ist  $=3,79$  und das des letzteren  $=3,77-3,80$ , also fast ganz dasselbe als das des ersteren. Diesem spec. Gewicht (wie man aus der obigen kleinen Tabelle sieht) nähern sich aber die spec. Gewichte des *geglühten* Allanits von Jotun-Fjeld und des *geglühten* Orthits von Fille-Fjeld bedeutend. In der That sind diese Mineralien durch das Glühen auch in anderer Hinsicht in die ersteren übergegangen; *denn nach dem Eintreten der Feuererscheinung sind beide so wenig aufschliefsbar durch Säuren wie der ungeglühte Allanit von Snarum und der ungeglühte Cerin von Riddarhyttan*. Also: *das Vermögen eines Minerals von Säuren aufgelöst zu werden, hängt nicht blofs von der Beschaffenheit seiner Bestandtheile ab, sondern auch von der engeren oder weiteren Gruppierung der Atome*.

Die annähernde Constanz in der Volumveränderung der pyrognomischen Körper (wie man diejenigen nennen könnte, welche beim Erhitzen, ohne wirkliches Verbrennen »feuererzeugend« sind) führte mich darauf, den Grund dieser Erscheinung näher zu durchdenken. Die dynamische Ansicht von der Beschaffenheit der Materie giebt hierzu durchaus keinen Anhaltspunkt, und man ist gezwungen sich zur atomistischen zu wenden. Denken wir uns zuerst, was das Natürlichste seyn wird, alle Atome als Kugeln von gleicher Gröfse, so können dieselben *in einer Fläche* hauptsächlich auf zweierlei Weise geordnet seyn, nämlich:

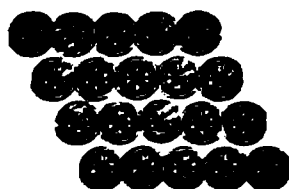
1) dafs je eine Kugel von vier andern (Fig. I) und

Fig. I.



- 2) dass jede derselben von sechs andern berührt wird (Fig. II).

Fig. II.



Einen Körper können wir nun als aus vielen solchen über einander geschichteten Atomenlagen zusammengesetzt betrachten. Berücksichtigen wir jetzt nur die Atomengruppirung von Fig. II. Das Uebereinanderschichten solcher Atomenlagen kann auf dreierlei Weise geschehen :

- a) Dass Kugel auf Kugel zu ruhen kommt; dass also eine Senkrechte aus dem Mittelpunkte einer oberen Kugel durch die Mittelpunkte aller unter ihr liegenden geht. In diesem Falle würde jede Kugel ringsum von acht andern berührt werden.
- b) Dass jede Kugel einer oberen Reihe auf zwei der unteren Reihe ruhte, wodurch also jede von zehn Kugeln tangentialt würde.
- c) Dass jede Kugel einer oberen Reihe auf drei unter ihr liegenden ruhte. Alsdann würde jede Kugel von zwölf sie berührenden umgeben seyn.

Letztere Art der Anordnung ist die engste, welche zwischen kugelförmigen Atomen gleicher Grösse stattfinden kann. Nehmen wir nun an, die Atome des Gado-linitis kämen durch jene Feuererscheinung in diese letztere Lage *c*, und sie hätten vorher die nächst engste Gruppierung *b* gehabt, so lässt sich durch eine leichte Rechnung finden, um wie viel sich hierdurch das Volumen des Minerals verändert hat. Durch eine leichte Betrachtung ist nämlich einzusehen, dass das Volumen

von

von  $b$  sich zu dem Volumen von  $c$  verhalten müsse wie die Höhe eines gleichseitigen Dreiecks zur Höhe eines regulären Tetraëders, dessen Kanten gleich den Seiten des ersteren sind. Nennen wir die Höhe des gleichseitigen Dreiecks  $H$ , die des regulären Tetraëders  $h$ , ferner die Seite des ersteren ( $=$  der Kante des letzteren)  $R$ , und endlich die Volumverminderung von  $c$  in Bezug auf  $b = V$ , so findet man:

$$\text{I. } H = \frac{1}{2} R \sqrt{3}$$

$$\text{II. } h = R \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\text{III. } V = \frac{h}{H} = \frac{2}{3} \sqrt{2} = 0,9432.$$

Dies ist in der That eine merkwürdige Uebereinstimmung mit dem durch Versuche aufgefundenen Coëfficienten. Allein der Zufall ist der größte Spötter der Naturwissenschaften. Derselbe könnte auch hier sein Spiel getrieben haben. Es wäre demnach sehr wünschenswerth auch bei andern Allanit- und Gadolinitarten ähnliche Beobachtungen anzustellen. Durch die stets bereitete Güte des Hrn. Prof. G. Rose erhielt ich ein Stück Gadolinit von Ytterby von einer für dies Mineral bedeutenden Gröfse, welches ich zu Versuchen hierüber bestimmte. Leider gab mir dasselbe kein genügendes Resultat, weder ein verneinendes noch ein bejahendes. Obgleich nämlich dieser Gadolinit die Feuererscheinung sehr deutlich zeigte, wurde sein spec. Gewicht hierdurch nur sehr unerheblich verändert. Dies würde nun meine Theorie sogleich über den Haufen werfen, wenn nicht folgende Umstände hierbei in Betracht kämen: 1) befand sich der angewendete Gadolinit von Ytterby offenbar in einem Zustande theilweiser Zersetzung. Er sah nach dem Glühen nicht mehr homogen aus, sondern war von bräunlichen Streifen durchzogen. Die ungeglühten Stücke waren theilweis mit einem Anflug von kohlen-saurer Yttererde bedeckt; 2) war derselbe, obgleich sein



Aeusseres nichts davon verrieth, innig mit Magneteisenstein durchsprengt, und hatte deshalb kein grünlichgraues Pulver wie der Gadolinit von Hitterön, sondern ein dunkel grauschwarzes; 3) endlich decrepitirten die Stücke bei eintretender Feuererscheinung auf das Heftigste, und verwandelten sich theilweis in einen feinkörnigen Sand. Dieses Phänomen, welches der Gadolinit von Hitterön nicht im Geringsten zeigt, beweist am besten, daß der Gadolinit von Ytterby sich in einem ganz veränderten Zustande befand.

Die Seltenheit dieser Klasse von Mineralien hat es mir unmöglich gemacht meine Versuche noch weiter auszudehnen, zumal da es hierbei erforderlich ist, grössere, von jeder Einmischung freie, und völlig frische Stücke anzuwenden. Ich muß also jene Thatsachen einstweilen vereinzelt stehen lassen. Die darüber aufgestellte Theorie dürfte wohl erst dann Werth erhalten, wenn mehrfache Versuche sie bestätigten. Ich habe sie deshalb auch nur in ihren Grundzügen ausgesprochen, und werde sie erst dann ausführlicher entwickeln, wenn eine grössere Anzahl von Thatsachen für sie spricht. Nur so viel will ich noch andeuten, daß sich Mitscherlich's schöne Entdeckung von der ungleichen Ausdehnung gewisser krystallisirter Mineralien durch Erwärmung durch eine ähnliche atomistische Theorie erklären läßt.

Ich will jetzt noch einige andere Erscheinungen hier anreihen, die mit dem Glühen dieser Mineralien verbunden sind. Der Gadolinit verliert dadurch seine schwarze Farbe und einen grossen Theil seiner Undurchsichtigkeit. Er wird bouteillengrün, und man kann jetzt durch die Oberfläche des Minerals ein Stück hineinsehen. Auch die Farbe seines Pulvers hat sich geändert. Sie ist bedeutend blasser, fast weiß geworden, und hat den Stich in's Grüne verloren. Endlich scheint er auch an Härte zugenommen zu haben; jedoch ist diess schwierig mit Sicherheit zu bestimmen, da die Stücke des geglühten Gadolinit, der vielen feinen Sprünge wegen, äusserst leicht

zerbrechen. Weit weniger auffallend sind diese Farbenveränderungen bei dem Allanit von Jotun-Fjeld. Natürlich kommt es bei der Farbe des Pulvers sehr auf den Grad der Feinheit an; allein beim Gadolinit von Hitterön ist diese Farbenänderung so deutlich, daß sie keinem Zweifel unterliegt.

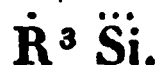
Daß die andern zwei pyrognomischen Mineralien dies nicht so deutlich zeigen, rührt vielleicht daher, daß sie mehr färbende Bestandtheile als der Gadolinit enthalten, nämlich etwa 35 Proc. Eisen, Cer und Lanthan, während der Gadolinit nur gegen 15 Proc. davon enthält. Es ist überhaupt höchst merkwürdig, und kann nur von der Anordnung der kleinsten Theile herrühren, daß der Gadolinit, bei so wenig färbenden Bestandtheilen, eine so dunkle schwarze Farbe besitzt.

Es lag sehr nahe, auch einige Versuche über die specifische Gewichtsveränderung solcher Körper anzustellen, die jene Feuererscheinung nicht zeigen. Bei den bis jetzt von mir untersuchten Körpern, deren Zahl allerdings noch klein ist, war das spec. Gewicht nach dem Glühen dem vor demselben völlig gleich. Nach meiner Theorie liefs sich dies auch erwarten; denn die Erfahrung lehrt uns, daß jede Znsammendrückung mit einer Entwicklung von Licht und Wärme verbunden sey. Es werden also wahrscheinlich nur alle pyrognomischen Körper durch Glühen eine Aenderung des spec. Gewichts erleiden. Die Zahl derselben ist nur gering, jedoch könnte sie, wenn man aufmerksamer auf diese Erscheinung seyn wird, wohl noch vermehrt werden. Ausser den angeführten drei Mineralien zeigen noch folgende Körper beim Erhitzen das Phänomen der Lichtentwicklung: Titansäure, Tantalsäure, Eisenoxyd, antimonsaures Kupferoxyd, das Chromoxydul, der Uranotantal, Tschewkinit, Pyrochlor und der Euxenit. Bei dem letzteren Mineral, welches ich in Poggendorff's Annalen, Bd. L Heft 1, beschrieben habe, wurde die Feuererscheinung

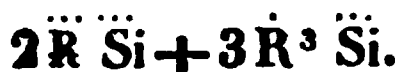
am Pulver bemerkt, jedoch hatte ich zu wenig davon, um sie an Stücken zu beobachten. Da sich Titansäure pyrognomisch zeigt, war es zu vermuthen, daß dies auch mit Rutil der Fall seyn würde. Ich konnte jedoch an diesem Minerale weder Lichtentwicklung noch Vermehrung des spec. Gewichts wahrnehmen. Eben so zeigte weder Brookit noch Sphen das Phänomen des Erglühens. Flußspath, welcher bis zum Verschwinden des Phosphorescirens erhitzt worden war, hatte dasselbe spec. Gewicht wie der ungeglühte. Das Phosphoresciren scheint also eine Lichtentwicklung ganz anderer Art zu seyn, als das Erglühen der pyrognomischen Körper.

#### Einige allgemeine Bemerkungen über Gadolinit, Allanit, Orthit und Cerin.

Fassen wir die von mir in diesem Aufsatze mitgetheilten analytischen Resultate zusammen, so geht daraus hervor, daß die vier genannten Mineralien einander sehr nahe stehen, und daß einige derselben vielleicht kaum von einander getrennt zu werden verdienen. Bezeichnen wir mit  $\dot{R}$  ein Glied isomorpher Bestandtheile, welches  $\dot{Y}$ ,  $\dot{Ce}$ ,  $\dot{L}$ ,  $\dot{Fe}$ ,  $\dot{Ca}$ ,  $\dot{Mg}$ ,  $\dot{Mn}$  und vielleicht selbst geringe Mengen von  $\dot{K}$  und  $\dot{N}$  enthalten kann, so ist die Formel des beryllerdefreien Gadolinit:



Es spricht viel dafür, daß der beryllerdehaltige Gadolinit dieselbe Formel habe, oder, mit andern Worten, daß die Beryllerde eine 1- und 1 atomige Base sey; allein durch die bestehenden Thatsachen halte ich dies bis jetzt noch nicht genugsam erwiesen. Bezeichnet ferner  $\ddot{R}$  ein Glied, in welchem vorzugsweise  $\ddot{Al}$  auftritt, mehr oder weniger durch  $\ddot{Fe}$  ersetzt, so ist die allgemeine Formel für Orthit, Allanit und Cerin:



Durch folgende Umstände entspringen die verschiedenen hiebei betheiligten Mineralien aus dieser Formel:

*A.  $\ddot{R}$  enthält Yttererde.*

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| a) $\ddot{R}$ besteht nur aus Thonerde.          | 1) Orthit                 |
| b) $\ddot{R}$ besteht aus Thonerde und Eisenoxyd | 2) Orthit von Ytterby (?) |

*B.  $\ddot{R}$  enthält keine Yttererde.*

- |   |   |
|---|---|
| a) $\ddot{R}$ besteht nur aus Thonerde.             |   |
| $\alpha$ ) Das Mineral ist löslich in Säuren        | 3) Erste isomerische Form des Allanits (Allanit von Grönland u. Jotun-Fjeld). |
| $\beta$ ) Das Mineral ist unlöslich in Säuren       | 4) Zweite isomerische Form des Allanits (Allanit v. Snarum).                  |
| b) $\ddot{R}$ enthält sowohl Thonerde als Eisenoxyd | 5) Cerin.   |

Höchst wahrscheinlich hat jedoch die Natur diese Mineralien nicht gesondert, wie es in dieser Aufstellung geschah, sondern es finden bestimmt Uebergänge aus dem einen in's andere statt, wie dieß auch die verschiedenen Mengen Yttererde im Orthit vermuthen lassen. *Vielleicht sind die beiden isomerischen Formen die einzigen wesentlichen Unterschiede, welche bei diesen Mineralkörpern hervorzuheben sind.* Alsdann würden Orthit, Orthit von Ytterby, Allanit von Grönland und Jotun-Fjeld zur ersten in Säuren löslichen, und Allanit von Snarum nebst Cerin zur zweiten, in Säuren unlöslichen isomeren Modification zu rechnen seyn. Die Mineralien der ersten

**Modification** dürften alsdann vielleicht alle <sup>1)</sup> durch Glühen, unter Feuererscheinung, in die zweite übergehen.

Zum Schlusse will ich noch ein Verzeichniss solcher Fundorte dieser Mineralien anführen, welche man bisher noch nicht in den Handbüchern findet. Alle mit einem Stern bezeichneten Fundorte sind von Mineralien aus der sehr ausgezeichneten Sammlung des Hrn. Dr. Tamnau in Berlin hergenommen, dessen Güte ich das Verzeichniss derselben verdanke.

### I. Gadolinit.

Bei diesem Minerale sind nur folgende zwei Fundorte, als noch nicht allgemein bekannt, hinzuzufügen:

- \* 1) Lallarfvad, bei Fablun.
- 2) Hitterön, bei Flekkefjord im südlichen Norwegen.

### II. Orthit und Allanit.

#### *In Norwegen:*

- \* 1) Ramfossen, bei Snarum; in weissem Feldspath.
- 2) Lofthuus, bei Snarum; mit Albit, Hornblende, Apatit und Quarz.
- \* 3) Brewig; im Zirkonsyenit.
- \* 4) Laurvig; im weissen Feldspathe des Zirkonsyenits.
- \* 5) Arendal; mit rothem Albit.
- \* 6) Fredriksvärn; mit rothem Eläolith aus dem Zirkonsyenit.
- 7) Fille-Fjeld; unter unbekannten Verhältnissen.
- 8) Jotun-Fjeld; mit Albit.

#### *In Schweden:*

- \* 9) Lallarfvad, bei Fablun; mit weissem Albit.
- \* 10) Kongsholmen, bei Stockholm, in weissem Granit mit Zirkon. Auch im Granit des Thiergartens bei Stockholm.

1) Vom Orthit von Fille-Fjeld und Allanit von Jotun-Fjeld habe ich dies bereits bewiesen.

- \* 11) Åker, in Södermanland; mit Amphodelith (?) und Pyrosclerit.
- \* 12) Tunaberg; mit Amphodelith in einem Gemenge von Sablit, Kalk u. s. w.
- \* 13) Kärr-Grufva, in Södermanland; mit Magnetisenstein.
- \* 14) Gulsjö, in Wermeland; im Kalkstein.
- \* 15) Malsjö, in Wermeland; im Kalkstein.

*In Finnland:*

- \* 16) Laurila Sacki; mit grauem Skapolith.
- \* 17) Hiramdale; mit grauem Skapolith.
- \* 18) Kimito; mit Idokras im Kalk.
- \* 19) Sillböhle-Eisengrube; in rothem Feldspath.
- \* 20) Helsing; in rothem Albit.

*In Nord-Amerika:*

- \* 21) North-Killinge, in Connecticut; in grauem Granit.
- \* 22) Stonington, in Connecticut; in demselben Gestein.
- \* 23) Royalstone, in Massachusets; im Albit-Granit.
- \* 24) Haddam, in Connecticut; in dem bekannten Granitgange.
- \* 25) Bolton, in Massachusets; im Petalit.

Die Mineralien der meisten dieser Fundorte sind allerdings noch nicht hinreichend chemisch untersucht, um sie mit Sicherheit den hier in Rede stehenden anzureihen; allein wenn dies Verzeichniss auch nur dazu dient, die Aufmerksamkeit der mineralogischen Chemiker auf diese Klasse von Mineralien zu leiten, so hat es seinen Zweck erfüllt.

Aus der Betrachtung der verschiedenen angeführten Arten des Vorkommens und der Fundorte ergibt sich, daß diese Mineralien nur in der nördlichen Erdhälfte gefunden worden sind. Ob dies Zufall sey, oder ob südlichere Gegenden noch nicht hinreichend durchforscht wurden, will ich einstweilen nicht entscheiden. So viel scheint mir jedoch ausgemacht, daß diese Mineralkörper nur Erzeugnisse der früheren, vielleicht sogar nur der

frühsten Bildungsperiode unserer Erde sind. Sie gehören gleichsam zu den Erstgebornen unter den Mineralien, wie dies überhaupt mit allen Mineralkörpern der Fall ist, welche Cer, Lanthan, Yttererde, Beryllerde, Thorerde und noch einige andere seltene Stoffe zu Bestandtheilen haben. Indem aber das Urgebirge wohl in keinen Ländern großartiger hervortritt als in Norwegen, Schweden und Nord-Amerika, so kann hierin ganz einfach der Grund ihres dortigen hauptsächlich Vorkommens liegen. Auch die pyrognomischen Eigenschaften einiger dieser Mineralien giebt Anlaß zu Betrachtungen. Da sich dieselben nämlich in solchen Gebirgsarten finden, von denen wir annehmen, sie seyen einst unter hohem Druck geschmolzen gewesen, so erscheint es sehr paradox, daß sie unter solchen Verhältnissen nicht schon in jenen erglühten, in Säuren unlöslichen Zustand versetzt wurden, in welchem ihre kleinsten Theile in größtmögliche Nähe an einander gerückt sind. Sowohl die angenommene Glühhitze als der hohe Druck müßten hierauf unfehlbar hingewirkt haben. Daß dies nicht geschah läßt sich nur dadurch erklären, daß die Erdrinde einer höchst langsam fortschreitenden Erkältung unterworfen war, durch welche die Atome dieser Mineralien bewogen wurden jene losere Anordnung zu wählen, welche ihrem einen krystallinischen Zustande entspricht. Eine solche, sich nur schleichend nähernde Erstarrung konnte es auch nur seyn, welche das ganze krystallinische Urgebirge mit seiner zahllosen Menge von Krystallindividuen hervorbrachte. Es ist eine bekannte Thatsache, daß alle krystallinischen Gebirgsarten bei einer hinreichenden Glühhitze sich schmelzen lassen, aber dann als Gläser und Schlacken erstarren, nicht aber wieder einen krystallinischen Zustand annehmen, der dem vorigen ähnlich ist. Wären wir also im Stande geschmolzenen Granit und erglühten Gadolinit einer solchen sehr allmähigen Abkühlung zu unterwerfen, so ist es sehr wahrschein-

lich, daß wir den ersteren wieder krystallinisch und den zweiten wieder mit seiner pyrognomischen Eigenschaft erhalten würden. Es fragt sich jetzt noch, wenn wir jene langsame Erstarrung der Erdrinde anerkennen, und daraus die Entstehung der pyrognomischen Mineralien herleiten, wie die Bildung der zweiten isomeren, nicht pyrognomischen Modification des Allanits zu erklären sey? Natürlich nur dadurch, daß diese Mineralien entweder keine so langsame Abkühlung gehabt haben, oder, was vielleicht wahrscheinlicher ist, nachher einer schnell vorübergehenden Hitze ausgesetzt gewesen sind. Für geognostische Verhältnisse kann diese Betrachtung, bei richtiger Würdigung, von hohem Interesse seyn.

Zuletzt können wir noch die Frage aufwerfen: warum ist es nur die Eigenschaft einer so kleinen Anzahl von Körpern, pyrognomisch zu seyn? Man sollte meinen jedes krystallisirte Mineral müsse durch Hitze, beim Uebergang in den glasartigen Zustand, jene Feuererscheinung zeigen, indem sich seine Atome näher an einander legen. Es kann nun hauptsächlich zweierlei Umstände geben, warum dieß Phänomen nicht bemerkt wird: 1) können die Atome eines Minerals schon so geordnet seyn, daß sie keiner größeren Annäherung fähig sind, und 2) kann der Zustand, wo die Atome sich anders ordnen (wo vielleicht die Krystallisationskraft durch eine andere anziehende Kraft besiegt wird) erst bei einem so hohen Hitzgrade eintreten, daß wir die Feuererscheinung nicht mehr wahrzunehmen vermögen. Letzteres kann sehr leicht bei allen schwer schmelzbaren Mineralien stattfinden. Daß aber ersteres zuweilen der Fall ist, kann man daraus schließen, daß einige Mineralien, wie z. B. Vesuvian und Granat, nach den Versuchen von Magnus, im geschmolzenen Zustande ein kleineres spec. Gewicht haben als zuvor. Diese Mineralien können nicht nur keine Feuerentwicklung beim Erhitzen zeigen, sondern sie werden beim eintretenden Schmelzpunkte sogar noch Wärme binden.



---

### III. *Ueber den Kalkspath von $105^{\circ} 0'$ Neigung der Rhomboëderflächen; von A. Breithaupt.*

---

**B**ei einer neueren Untersuchung der primären *Kalkspathrhomboëder* habe ich unter vielen merkwürdigen Resultaten auch dieß gefunden, daß die Kalkspäthe aus der Gegend von Prag, als von Kuchelbad, Königssaal u. s. w. nicht den Winkel von  $105^{\circ} 5'$  haben, wie noch die HH. Mohs und Zippe in ihrem neusten Werke, und gewiß ohne vorausgegangene Untersuchung, angeben, sondern den  $105^{\circ} 0'$ . Ich führe diese einzelne Thatsache aus mehreren Gründen besonders an:

- 1) War mir dieser Winkel bisher nur als Seltenheit bekannt.
- 2) Läßt der Prager Kalkspath die genauesten Beobachtungen zu.
- 3) Wird hiermit Zweifeln an der Verschiedenheit und doch auch Bestimmtheit der primären Kalkspathrhomboëder-Winkel ein Beispiel geboten, sich leicht durch eigene Prüfungen Ueberzeugung zu verschaffen.

Freiberg, am 22. October 1840.

---

#### IV. *Greenockit, ein neues Mineral;* *von A. Breithaupt.*

In den *Edinb. Phil. Journ.* vom Januar bis April 1840 wird dieses neuen Minerals erwähnt <sup>1)</sup>, aber an einer mineralogischen Charakteristik desselben fehlt es, meines Wissens, noch ganz. Der Administrator der hiesigen Mineralien-Niederlage, Hr. Buchwald, der in diesem Jahre eine Reise nach England und Schottland unternommen hatte, besuchte selbst die Fundstätte, und brachte etwa 20 bis 30 Kryställchen *Greenockit*, der äußerst sparsam vorkommt, mit, die mir eine genaue Untersuchung gestatteten. Derselbe ward in Schottland, nicht gar fern von Glasgow, zu *Bishopton* in einem Steinbruche an der Küste, Kil-Patrik gegenüber, vom Lord Greenock entdeckt, und vom Hrn. A. Connel chemisch untersucht, welcher den Fund für ein *Schwefel-Cadmium*\* erkannte. Es ist das erste Mineral in welchem das Cadmium mit entschiedener Selbstständigkeit auftritt, und nicht allein dadurch, sondern auch durch seine Schönheit und auszeichnende Eigenschaften sehr interessant.

Der *Greenockit* besitzt *Demantglanz*.

Die *Farbe* ist *honiggelb*, parallel mit der Axe gesehen dem *Pomeranzgelb* nahe kommend, und mithin von schwachem Dichroismus. Die *Farbe* des *Strichpulvers* hält das Mittel zwischen pomeranzgelb und ziegelroth, und ist, merkwürdigerweise, intensiver als die äußere Farbe.

Erscheint meist *durchsichtig* und von starker *doppelter Strahlenbrechung*.

1) Das Wesentlichste aus dieser Nachricht ist bereits auf S. 274 dieses Bandes der Annalen mitgetheilt.

Nur in Krystallen vorkommend, welche dem *hexagonalen Systeme* angehören, und deren *Charakter der Combinationen der holoëdrische* ist. Die Spiegelung der Flächen ist meist so vollkommen, daß sie nichts zu wünschen übrig läßt. Ich habe die Neigung desjenigen hexagonalen Pyramidoëders, das ich als *Primärform* betrachten muß, gegen die Basis  $= 136^{\circ} 23'$  und die Neigung eines andern Pyramidoëders gegen das damit parallele Prisma  $= 152^{\circ} 19'$  mit einer Genauigkeit gefunden, die es verbürgt, daß kein über eine Minute betragender Fehler stattgefunden habe. Zugleich zeigt sich eine gute Uebereinstimmung mit dem Gesetze der krystallographischen Progressionstheorie. Ein drittes Pyramidoëder war approximativ und ein viertes sehr steiles gar nicht zu bestimmen. Die beobachteten Gestalten sind folgende:

1)  $0P$  die Basis.

2)  $P$  die Primärform  $= \frac{97}{144} Dh^1) = 139^{\circ} 38' 31''$   
Neigung der Flächen an Polkanten,  $87^{\circ} 13' 14''$  Neigung derselben an den Basiskanten. Daraus ändert sich die Neigung von  $0P$  auf  $P$  ab  $= 136^{\circ} 23' 23''$ .

3)  $2P = 127^{\circ} 25' 58''$  ;  $124^{\circ} 36' 48''$ . Hiernach die Neigung von  $2P$  auf  $\infty P = 152^{\circ} 18' 24''$ .

4)  $\frac{1}{2}P = 155^{\circ} 28' 33$  ;  $50^{\circ} 56' 18''$ .

5) Ein sehr steiles  $P$ , vielleicht  $4P$  oder  $3P$ .

6)  $\infty P$  das primäre Prisma, stets deutlich.

7)  $\infty P'$  das Prisma anderer Richtung, in Spuren.

Die Krystalle zeigen  $P$ ,  $2P$  und  $\infty P$  am deutlichsten, und noch die Eigenthümlichkeit des *Hemimorphismus*, denn an einem Ende sind meist alle Gestalten ausgebildet, an dem andern hingegen nur  $P$  oder  $\frac{1}{2}P$ , und hier herrscht zugleich die Basis sehr vor. Es entsteht daraus ein beinahe kegelförmiges Ansehen. Einzeln aufgewachsen.

Die *Spaltbarkeit* ist *primär-prismatisch*, recht deutlich; *basisch*, ziemlich deutlich. Der Bruch ist muschlig.

1) Mein vollständiges Handbuch der Mineralogie, Bd. I S. 274.

Die *Härte* = 4, genau die des Kalkspaths.

Das *specifische Gewicht* wird in dem obigen Journale zu 4,8 angegeben, ich fand es hingegen 4,907 bis 4,909.

Nach dem Reiben etwas elektrisch; aber, wie Hr. Prof. Reich und ich gefunden, nicht thermo-elektrisch. *Beim Erhitzen* wurde jedoch das Mineral schön *roth*, nahm aber während der Abkühlung seine erste honiggelbe Farbe wieder an.

Seinem mineralogischen Charakter zufolge ist das Mineral ein ausgezeichnetes Glied der Ordnung der Blenden, eine *Cadmiumblende*. Einige Aehnlichkeit derselben läßt sich bei Vergleichen mit der durchsichtigen gelben Zinkblende von Schemnitz in Ungarn, und mit dem in hexagonalen Prismen zwar krystallisirenden, aber nach dem rhombischen Dodecaëder spaltenden Oxysulphuret des Zinks, das in den Ofenbrüchen der Freiburger Schmelzhütten eine gewöhnliche Erscheinung ist, auffinden.

Nach Hrn. A. Connell ist die Mischung des Greenockits ein einfaches Schwefel-Cadmium, d. h. aus gleichen Aequivalenten der zwei Mischungselemente bestehend. Wirklich hat das künstliche Schwefel-Cadmium mehre Eigenschaften mit dem Minerale gemein. Meiner Berechnung zufolge würde der Greenockit aus 22,4 Schwefel und 77,6 Cadmium bestehen. Auch soll eine Spur von Eisenoxyd darin vorkommen. Vor dem Löthrobre auf der Kohle schweflige Säure entwickelnd und einen gelbrothen Ring von Cadmiumoxyd bildend.

Das Mineral dürfte ein Product vulkanischer Sublimation seyn, und sitzt in höhlenartigen, kleinen Weitungen von Gangklüften eines zugleich porphyrartigen und mandelsteinartigen Trapps, begleitet von Prehnit, der älterer, und von Kalkspath, der jüngerer Bildung ist. Dieser eruptive Trapp ist derselbe, in welchem zu Kilpatrick die vielen Prehnite, Thomsonite, Laumonite, Anal-

cime etc. vorkommen. Bei genauer Untersuchung der Mineralien von Kil-Patrick ist es mir gelungen, einen Krystall Greenockit, zwischen nadelförmigen Krystallen des Thomsonits sitzend, aufzufinden.

Auf die große Aehnlichkeit der Krystallisation des Greenockits mit anderen Mineralien ähnlicher chemischer Zusammensetzung, nämlich mit den Pyrrotinen, werde ich bei nächster Gelegenheit kommen.

Freiberg, am 15. October 1840.

V. *Beiträge zur näheren Kenntniss einiger Kiese und der kiesbildenden Metalle, auch neue Isomorphieen; von A. Breithaupt.*

Im Jahre 1835 erschien im Journal für practische Chemie von Erdmann und Schweigger-Seidel, Bd. IV S. 249 u. ff., meine Abhandlung über das *Verhältniss der Formen zur Mischung krystallisirter Körper*, in welcher vorzüglich einige Kies-Genera beleuchtet wurden. Das eine davon mit hexagonaler Krystallisation, das *Genus der Pyrrotine*, habe ich seitdem in einigen Gliedern näher kennen gelernt, und diese Kenntniss führte zu einer Entdeckung, welche gegen den Schluss dieser Beiträge mit angegeben wird. In das Genus der Pyrrotine zählte ich:

- 1) den magnetischen Pyrrotin oder Magnetkies,
- 2) den thiodischen Pyrrotin oder Gelbnickelkies,
- 3) den arsenischen Pyrrotin oder Rothnickelkies,
- 4) den antimonischen Pyrrotin oder Antimonnickel, den Herr Fröbel als Breithauptin aufführt, eine Benennung, die gegen meine Ansicht in der Nomenclatur ist.

Am *Magnetkies* habe ich nur unbedeutende neue Erfahrungen gemacht. Dahin rechne ich, dafs eine von dem schottischen Ingenieur, Hrn. Gordon, erhaltene Abänderung von der Grube Adam und Eva bei Topschau in Ungarn, welche attractorisch und polar magnetisch ist. Dieselbe besitzt zugleich bei schönem frischen und reinem Zustande das geringste specifische Gewicht  $= 4,510$ , was ich bis jetzt bei diesem Mineral gefunden habe, und die dunkelste Farbe.

---

Den *Gelbnickelkies* kannte man bisher noch sehr wenig. Hr. Prof. Miller zu Cambridge hatte die hexagonale Krystallisation des Prismas ermittelt. Neuerlich bestimmte er auch das spec. Gewicht zu 5,26 bis 5,28. Bald darauf besuchte er mich, als ich eben eine kleine Quantität des Johann-Georgenstädter Haarkieses gesammelt hatte, die ich zu einer Wägung bestimmen wolte. Er erklärte mir, dafs er seiner Gewichtsbestimmung, wegen der angewendeten gar zu geringen Menge, sehr misstrauete, und dafs ich ja eine neue folgen lassen möge. Meine mit dem Flacon gemachte ergab das spec. Gewicht 5,000. Von einer, erst vor wenigen Wochen erhaltenen Abänderung des Gelbnickelkieses von der Grube Kronprinz zu Kamsdorf in Thüringen, welche in Krystallen bis zur Stärke dünner Stricknadeln vorgekommen, stand mir eine völlig genügende Gewichtsmenge zu Gebote, mit der ich genau dasselbe Resultat 5,000 erhielt. Ein solches scharfes Zusammentreffen zweier Abänderungen eines so schweren Minerals ist gewifs sehr selten, bürgt aber um so mehr für die Richtigkeit der Untersuchungen.

An der Abänderung von Kamsdorf kommen auch terminale Flächen, und zwar von zwei Pyramidoëdern ( $P$  und  $\frac{1}{2}P$ ) vor. Ich fand die Neigung des einen gegen die Basis bei sehr unvollkommener Spiegelung und

etwas verzerrtem Bilde  $154^\circ$ , wobei ein Fehler bis zu  $\frac{3}{4}^\circ$  möglich gewesen seyn kann. Ungeachtet eines solchen stimmt die Dimension doch mit denen der übrigen Pyrrotine überein, wie unten in der Zusammenstellung zu ersehen ist. Das primäre hexagonale Pyramidoëder  $P$  würde hiernach  $139^\circ 8'$  an Pol- und  $88^\circ 34'$  an Basekanten haben; bei dem gemessenen Pyramidoëder  $\frac{1}{2}P$  betragen diese Dimensionen  $154^\circ 40'$ ;  $52^\circ 0'$ ; endlich bei  $2P$   $127^\circ 10'$ ;  $125^\circ 44'$ . Es ist mir jedoch wahrscheinlich, daß alle diese Gestalten ein wenig steiler, und, wie unten zu sehen, dem Antimonnickel genäherter ausfallen dürften, wenn man sie einst genauer kennen lernen wird.

---

*Rothnickelkies.* Durch die Güte des Hrn. Hofrath v. Gersdorf zu Wien erhielt ich einen rothen, bloß derb und eingesprengt vorkommenden Kies von Schlading in Steiermark, welcher weniger durch seine blässere Farbe, mehr durch sein niedriges Gewicht,  $=7,33$ , von den bekannten Abänderungen des Rothnickelkieses abweicht. Hr. G. P. Plattner hatte die Güte ihn zu untersuchen, und fand, daß er zwar vorwaltend aus Arsennickel, aber doch auch aus ziemlich viel Schwefelnickel mit bestehe, wie ich im Voraus vermuthet hatte. Sowohl dieses Mineral, als Hrn. Fröbel's *Allemontit*, den Hr. Berthier aus  $\text{Ni}(\text{As} + \text{Sb})$  bestehend erkannt hat, verdienen weitere Berücksichtigung.

---

Von dem *Antimonnickel* der HH. Hausmann und Stromeyer erhielt ich, durch die Gefälligkeit des Berg-eleven, Hrn. Hausmann, Kryställchen, die in einem Stücke Kalkspath inne saßen. Dieses behandelte ich einige Monate hindurch ganz allmählig mit Essigsäure, und erhielt nach und nach wohl an 40 freie Kryställchen und

Kry-

Krystallblättchen, denen des Iridosmins ähnlich gestaltet. Die Härte derselben fand ich  $5\frac{1}{2}$  bis 6, und das spec. Gewicht 7,541. Es gelang mir auch darunter meßbare Krystalle zu finden. Ein sehr flaches hexagonales Pyramidoëder gab die Neigung  $153^{\circ} 38'$  und ein anderes die  $123^{\circ} 55'$  gegen die Basis. Die Axenlängen derselben verhalten sich genau zu einander wie 1 : 3, und aus dieser guten Correspondenz scheint mir die Brauchbarkeit der Beobachtungen mit hervorzugehen. Nehme ich ein Pyramidoëder zur Primärform, dessen Hauptaxe noch einmal so lang ist, als die der flacheren jener beiden Gestalten, so erfolgt nun wieder eine schöne Uebereinstimmung mit den bekannten Dimensionen der Pyrrotine. Zugleich entsprechen die gefundenen Winkel der Progressionstheorie, wie die folgenden Berechnungen darthun:

$$\frac{1}{2}P = 154^{\circ} 19' 50'' ; 52^{\circ} 45' 22''.$$

$$P = \frac{1}{4}Dh = 138^{\circ} 53' 36'' ; 89^{\circ} 12' 5''.$$

$$\frac{3}{4}P = 130^{\circ} 59' 28'' ; 112^{\circ} 11' 23''. \quad \text{Diese Gestalt ist eine bis daher in der Reihe der Pyrrotine unbekannt gewesen.}$$

$$2P = 126^{\circ} 56' 6'' ; 126^{\circ} 36' 10''.$$

Die oben gegebene Neigung von  $\frac{1}{2}P$  auf  $0P$  wird nun  $= 153^{\circ} 37' 19'$ , und die von  $\frac{3}{4}P$  auf  $0P = 123^{\circ} 54' 18''$ .

---

Bei einer neuen Untersuchung einiger Abänderungen des *Iridosmins* (von denen mir die von Sissersk in Sibirien besonders auffällig war, da sie am deutlichsten bleigraue Farbe zeigt und sogar ein specifisches Gewicht bis 22,23 erreicht), hat sich ergeben, daß auch *nicht eine den geringsten Grad von Ductilität besitzt*; alle waren *ausgezeichnet spröde*. Dies nöthigte mich, diese Substanz aus der Ordnung der Metalle wegzunehmen, und in die der Kiese einzureihen. Hier kommt nun gleich



die Homöomorphie mit den Pyrotinen entgegen; wie z. B. das correspondirende Pyramidoëder des Rothnickelkieses beweist, das bei  $2P=127^{\circ} 32'$ ;  $124^{\circ} 18'$ , während es am Iridosmin nach Hrn. G. Rose  $127^{\circ} 36'$ ;  $124^{\circ} 0'$  beträgt. Bei Betrachtung der chemischen Zusammensetzung dieser Substanz erscheint nun das *Irid* nicht allein *isomorph* mit *Eisen, Nickel und Kobalt*, sondern auch als ein kiesbildendes, oder, wie ich lieber sagen möchte, als ein pyritisches Metall, während das *Osmium* *homöomorph* mit *Antimon, Arsen und Schwefel* ist, und als acider Bestandtheil neben diesen auftritt. *Die pyritischen Metalle sind aber zugleich die magnetischen*, und somit vermuthete ich, daß Irid auch magnetisch seyn könne, obwohl man davon ausdrücklich angiebt, daß es nicht magnetisch sey. Hierauf untersuchte ich mit Hrn. Professor Reich gemeinschaftlich folgende Körper vor der astatischen Magnetnadel.

1) *Chemisch reines Irid*. Ich hatte Bröckchen desselben, dargestellt von dem Hrn. Berg-Ingenieur-Oberst von Sobolewskoi, der Munificenz Sr. Excellenz des Hrn. Ministers Grafen Alexander Strogonoff zu verdanken. Diese waren *stark magnetisch*.

2) Natürliches *gediegen Irid* von Nischne-Tagilsk, welches mit Platin und Osmium gemischt ist, war *sehr schwach* und *kaum merklich magnetisch*.

3) *Iridosmin* war zwar nicht in dem Grade als 1) aber doch *deutlich magnetisch*. Da nun durchaus nicht bekannt ist, daß in diesen drei Körpern Eisen, Nickel und Kobalt enthalten sey, so wird hiermit der *Magnetismus des Irids* unzweifelhaft.

---

Es ist ferner merkwürdig, daß der *Greenockit*, ein einfaches Schwefel-Kadmium, mit allen diesen Pyrrotinen ähnliche Krystallisation zeigt, wie unten die Uebersicht beweist. Hieraus ergibt sich wieder die *Isomor-*

*phie des Kadmiuns mit den pyritischen Metallen*, wenn auch der Greenockit eine Blende und kein Kies ist, gerade wie Hornerz (Chlorsilber) und Steinsalz (Chlor-natrium) isomorph sind, und dennoch ganz verschiedenen Ordnungen angehören.

Winkel der Pyrrotine und des Greenockits.

$2P$	$\frac{3}{4}P$	$P$	$\frac{1}{4}P$
1) Iridosmin			
127° 36'	—	139° 56'	—
124 0	—	86 28	—
2) Rothnickelkies			
127° 32'	—	139° 48'	—
124 18	—	86 50	—
3) Greenockit			
127° 25' 58"	—	139° 38' 31"	155° 28' 33'
124 36 48	—	87 13 14	50 56 18
4) Gelbnickelkies			
127° 10'	—	139° 8'	154° 40'
125 44	—	88 34	52 0
5) Antimonnickel			
126° 56' 6"	130° 59' 28"	138° 53' 36"	154° 19' 50"
126 36 10	112 11 23	89 12 5	52 45 22
6) Magnetkies			
126° 49'	—	138° 30'	—
127° 5	—	90 16	—

Die wahre Spaltbarkeit geht bei allen diesen Körpern deutlicher nach dem Prisma als nach der Basis, und deshalb wählte ich die brachyaxen hexagonalen Pyramidoeder zu Primärformen, deren Flächen 46° 46' bis 44° 52' Neigung gegen die Hauptaxe haben, und nicht jene makroaxen ( $2P$ ), wo diese Neigung 28° bis 26° 27' beträgt; allein Iridosmin, Gelbnickelkies und Magnetkies sind öfters (keineswegs allemal) in der basischen Rich-

tung schalig zusammengesetzt, welche Structur bisher für Spaltbarkeit gehalten worden ist.

Freiberg, am 18. October 1840.

## VI. *Thomson's neuer Rhombohedral-Barytocalcit aus Cumberland; von A. Breithaupt.*

Unter diesem Namen erhielt ich vom Hrn. Dr. Bondi zu Dresden eine Stufe, wo auf krystallisirtem Witherit ein Kalkspath aufzusitzen schien. Nachdem früher dargethan war, daß sich Hr. Thomson mit seinem *Bicalcareo-carbonate of Barytes* geirrt hatte, der mehr nicht als eine reine Abänderung des Witherits ist, so schien mir das obige Mineral um so mehr nur ein Kalkspath zu seyn, als ich nicht allein neuerlich eine namhafte Zahl Cumberländischer Kalkspäthe, sondern auch sogar einen darunter gemessen und gewogen hatte, der sogar in derselben Form krystallisirt war als der Rhombohedral-Barytocalcit.

Dieses Mineral ist von *Glasglanz*,  
*graulichweißer Farbe* und  
*durchsichtig bis durchscheinend.*

Als  $-2R$  krystallisirt, und, zwar recht deutlich, aber nicht vollkommen nach  $R$ , dem *primären Rhomboëder* spaltbar. Der Winkel desselben war nicht ganz scharf zu bestimmen. Schwankungen von  $104^{\circ} 50'$  bis  $105^{\circ} 13'$  ergaben als Mittel zahlreicher Beobachtungen  $105^{\circ} 2\frac{1}{4}'$ . Dabei kann jedoch einst, wenn man vollkommener spaltbare Abänderungen zur Messung erhalten sollte, eine Correction von 3 bis 5 Minuten möglich werden. (An den Cumberländischen Kalkspäthen hatte ich bisher stets den Winkel  $105^{\circ} 8'$  deutlich gefunden).

Ich vermuthete immer noch bloß einen Kalkspath vor mir zu haben, denn auch die *Härte* zeigte keine wesentliche Abweichung,  $4\frac{1}{4}$ .

Indessen gab das *spec. Gewicht* von trüben Stücken des unteren Theils der Krystalle 2,830 und von den durchsichtigen völlig reinen Krystallspitzen 2,819.

Hiermit war entschieden, daß das Mineral *kein Kalkspath* seyn könnte.

Hr. G. P. Plattner hatte nun die Güte mit den durchsichtigen Krystallparthien folgende Prüfungen anzustellen.

»Vor dem Löthrobre für sich verhält sich dieses Mineral wie Kalkspath.«

»In Borax und Phosphorsalz löst es sich im Oxydationsfeuer unter starkem Aufbrausen vollkommen auf, ertheilt aber den Gläsern eine starke Manganfarbe.«

»Zu Soda auf Platinblech verhält es sich unauflöslich; durch einen Zusatz von Salpeter wird aber eine starke Reaction auf Mangan hervorgebracht.«

»In Hydrochlorsäure löst es sich, selbst in Stücken, sehr leicht unter starkem Aufbrausen auf; wird die Auflösung mit so viel Wasser verdünnt, daß durch Zusatz von verdünnter Schwefelsäure kein Niederschlag von Gyps entsteht, so erfolgt durch Schwefelsäure eine Trübung, die sich nach einiger Zeit absetzt und leicht auf einem Filtrum gesammelt werden kann. Wird das Filtrum mit dem Niederschlag nach dem Aussüßen und Trocknen eingäschert, und der erhaltene weiße Rückstand mit der befeuchteten Messerspitze auf Kohle gestrichen und bis zum Glühen erhitzt, so bildet sich eine zusammenhängende Masse, die sich, mit der Platinpincette gehalten und in der Spitze der blauen Flamme erhitzt, in Folge einer intensiv gelblichgrünen Färbung der äußeren Flamme als schwefelsaurer Baryt zu erkennen giebt. Dieses Mineral besteht demnach aus:

*kohlensaurer Kalkerde*, als Hauptbestandtheil mit *kohlensaurer Baryterde* und *kohlensaurem Manganoxydul*.

Hieraus wird nun unzweifelhaft, dafs es auch unter den *Karbonspäthen* einen *Baryto-calcit* giebt, und folglich von dieser chemischen Substanz *dreierlei Form*, *Triplomorphie* existirt, nämlich *hemirhombische*, *holorhombische* und *rhomboëdrischhexagonale*. Dieses interessante Factum läfst mich den Vorschlag machen, das Mineral *Neotyp*, d. i. neue Art der Gestaltung, zu benennen.

Freiberg, am 19. October 1840.

---

## VII. *Tiefe des Meeres.*

---

In einem Briefe an die geographische Gesellschaft zu London giebt Kapitain James Ross Bericht über einige von ihm bis zu einer außerordentlichen Tiefe unternommene Peilungen. Die eine derselben, 900 Miles westlich von St. Helena gemacht, erstreckte sich bis zur Tiefe von 5000 Fathoms oder 30000 engl. Fufs. Das angewandte Senkblei wog 450 Pfund. Die andere, unter 33° S. und 9° W., etwa 300 Miles vom Kap der guten Hoffnung, ging bis zu 2226 Fathoms (Jameson's *Journ. Vol. XXIX p. 414.* — Ob man bei der ersten Peilung den Grund erreicht habe oder nicht, ist nicht bemerkt).

---

# VIII. *Beiträge zur Kenntniss des Feldspaths; von Herrman Abich.*

## II. Abtheilung.

### 1) Ueber den Anorthit.

Das nicht ganz befriedigende Resultat der Analyse des Anorthit, welche ich Band L S. 353 mitgetheilt habe, hat mich veranlaßt dieß Fossil noch einmal einer genauen Untersuchung zu unterziehen. — Bevor ich jedoch zu einer Angabe der jetzt erhaltenen Resultate übergehe, welche meine Vermuthung, daß die Formel  $\text{R}^3\text{Si} + 3\text{AlSi}$  für den Anorthit die allein passende ist, vollkommen bestätigen, glaube ich in der Kürze auf die Gründe hinweisen zu müssen, weshalb meine frühere Analyse für jene Annahme einen etwas zu großen Kieselerdegehalt angiebt.

Eine genauere Untersuchung über die Natur der merkwürdigen Dolomitblöcke, in welchen die Anorthite gefunden werden, läßt sie als metamorphische Trümmer jener Apenninen-Kalkschichten betrachten, welche in der frühesten Entwicklungsperiode der Somma durch gangbildende Spalten in der centralen Region des später aufgerichteten Erhebungskraters vielfach durchschnitten wurden, und in der innigen Berührung mit den einschließenden, aus Bisilicaten zusammengesetzten Gangmassen durch Umschmelzung krystallinisches Gefüge annahmen.

Bei der Neigung des Leuzit, mit kohlensaurem Kalk leicht zusammenzuschmelzen, und der Fähigkeit der Kieselerde, sich unter allen Verhältnissen mit dem Kalke zu verbinden, war die Bildung einer großen Anzahl von Mineralkörpern bedingt, in deren Zusammensetzung Thonerde, Kalk und Talkerde, so wie Kali wesentlich sind.

Auf das Innigste mit einander gemengt, durchziehen daher Glimmer, Pyroxen, Idocras, Granat, Tremolith, Pleonast und andere, meist in mikroskopischer Kleinheit die umgewandelten Kalke, und treten in gröfseren deutlich und vollständig ausgebildeten Krystallen meistens nur in ganz geschlossenen Drusenräumen oder Spalten auf. Je näher diesen Räumen, je mehr tritt der dolomitisirte körnige Kalk zurück, und geht zuletzt vollständig in eine blättrig-krystallinische Kruste über, welche grölstentheils aus dem innigen Gemenge eines glimmer- und talkartigen Fossils zu bestehen scheint. Nicht selten schliessen diese Drusenräume, deren besondere Natur die Bildung der Doppelsilicate von Thon und Kalkerde, wie Mejonit und Anorthit besonders begünstigt zu haben scheint, eine bald glasähnliche und amorphe, bald krystallinische weisse Masse ein, die sehr schwer schmelzbar und nur wenig löslich in Säuren, in einer seltsamen Beziehung zu den Krystallen der erwähnten Fossilien steht, welche die Wandungen des Drusenraums bekleiden. Bald haften die Krystalle vollständig auf Theilen dieser Masse und gehen gleichsam verglast in dieselbe über, bald werden sie von ihr zum Theil oder gänzlich, jedoch solchergestalt umhüllt, dafs eine vollständige Berührung nicht stattfindet. — Sehr häufig zeigt sich dies bei Drusen, welche nur Mejonit enthalten. Die vertical auf den Wänden der inneren Weitung sitzenden Krystalle tauchen bisweilen so vollständig in die amorphe Masse, welche den Drusenraum wie mit einem in seiner Schale beweglichen Kern erfüllt, dafs es unmöglich ist denselben herauszuziehen, ohne die hineinragenden Krystalle abzubrochen. Die so getrennten, mit Hinterlassung eines regelmässigen Eindrucks aus der Kernmasse leicht zu entfernenden Krystalle, sind nicht mehr scharfkantig, und erscheinen wie mit einem weissen Anfluge überzogen. Die mikroskopische Betrachtung zeigt, dafs dieser letztere von einer völligen Zersetzung der Oberfläche herrührt, wel-

che mit zahlreichen kleinen Krystallen von einer andern Form als die der Mejonite besetzt erscheinen. Etwas Aehnliches findet sich auch, aber selten, bei den Anorthiten. Vollständig, nach allen Seiten ausgebildete Krystalle sind sehr selten, nimmer sind sie fest und innig mit der das Innere der Drusen bekleidenden Kruste verwachsen, welche aus einem Aggregat mikroskopischer Krystalle von Idocras, Pyroxen und andern kleinen unbestimmbaren Prismen gebildet ist, die häufig in das Innere der Anthorite dringen. — Besonders interessant sind die Dolomitfragmente aus der unmittelbaren Gränze des Leuzitophyr und des Apenninenkalks. Eine Leuzit und Pyroxen enthaltende schlackige Masse geht unmittelbar in ein Gemenge von gelblichen Glimmertalk-Blättchen und grobkörnigem Kalkspath über, welches bald feinkörnig und dolomitisch wird, und neben vielen Pyroxentheilen kleine Pleonaste in Menge enthält, die zum Theil magnetisch sind. Ein nicht unbedeutender Theil der Dolomitmasse bleibt in Säuren ungelöst, und bildet dann ein krystallinisches Pulver verschiedenartiger Mineralien, die nur zum Theil zu bestimmen sind und im Ganzen geringe Schmelzbarkeit besitzen.

Nach dieser Hinweisung auf die natürliche Schwierigkeit, welcher eine genaue Analyse gewisser, in dem Dolomit der Somma krystallisirter Mineralien hinsichtlich der Reinheit daraus zu wählender Krystalle zu begegnen hat, gehe ich nun zu den Analysen selbst über, welche meine S. 35 ausgesprochene Vermuthung bestätigen.

Um der Verunreinigung des Anorthit durch irgend eins der mikroskopischen Nebenfossilien diesmal möglichst vorzubeugen, opferte ich die reinsten und durchsichtigsten isolirten Krystalle zur Analyse, die sowohl mit Anorthit *a*) unmittelbar aus den Dolomitdrusen, als mit dem, welcher *b*) dem Gemenge von Pyroxen und Glimmer auf und angewachsen ist, angestellt wurde.

Das specifische Gewicht der feingepulverten Kry-



stalle des Anorthit ( $\alpha$ ) fand ich bei  $15^{\circ}$  R. Wasser-Temperatur 2,763, mithin sehr nahe demjenigen, welches G. Rose erhielt.

Beide Untersuchungen wurden auf die bekannte Weise angestellt, die Reinheit der Kieselerde aber zur einen Hälfte durch Flusssäure, zur andern durch Auflösung in alkalischer Lauge geprüft.

Nur bei der Analyse ( $\alpha$ ) zeigte sich die Kieselerde durch 0,75 Proc. eines von der Säure unzerlegten fremdartigen Bestandtheils verunreinigt. Kali und Natron wurden genau getrennt und jedes für sich bestimmt.

$\alpha$ ) Analyse von 3,542 Grammen.

Kieselerde	=1,563	= 44,12	= 22,92	
Thonerde	=1,244	= 35,12	= 16,40	} = 16,61
Eisenoxyd	=0,025	= 0,70	= 0,21	
Kalkerde	=0,675	= 19,02	= 5,34	
Talkerde	=0,020	= 0,56	= 0,20	} = 5,63
Kali	=0,009	= 0,25	= 0,04	
Natron	=0,010	= 0,27	= 0,05	
Summe	=3,546	=100,04	= 1 : 3 : 4.	

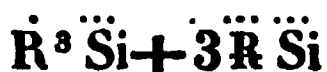
Das Verhältniß des Sauerstoffs von  $\dot{R}$  zu  $\ddot{R}$  = 1 : 3 stimmt ganz genau. Der Sauerstoff der Basen zu dem der Kieselerde ist 1 : 1,03.

$\beta$ ) Analyse von 2,941 Grammen.

Kieselerde	=1,288	= 43,79	= 22,74	
Thonerde	=1,044	= 35,49	= 16,57	} = 16,74
Eisenoxyd	=0,017	= 0,57	= 0,17	
Kalkerde	=0,557	= 18,93	= 5,13	
Talkerde	=0,010	= 0,34	= 0,12	} = 5,51
Kali	=0,016	= 0,54	= 0,09	
Natron	=0,020	= 0,68	= 0,17	
Summe	=2,952	=100,34	= 1 : 3 : 4.	

Auch hier stimmt das Verhältniß des Sauerstoffs von  $\ddot{R}$  zu  $\ddot{R}=1 : 3$ . Das der Basen zu dem der Kieselerde ist wie  $1 : 1,02$ .

Beide Analysen bestätigen durch ihr Sauerstoffverhältniß auf eine befriedigende Weise die Gültigkeit der Formel:



für den Anorthit.

Kieselerde ist zwar immer noch im Ueberschuß vorhanden, allein in so geringer Menge, daß sie unberücksichtigt bleiben darf. Was die procentische Zusammensetzung betrifft, so scheint in dem relativen Verhältniß der einzelnen Elemente allerdings eine Verschiedenheit je nach dem verschiedenen Vorkommen des Minerals stattzufinden.

Der Anorthit, welcher mit Pyroxen und Glimmer vorkommt, scheint in jeder Beziehung der reinere zu seyn, er enthält über noch ein Mal so viel Kali und Natron, als der aus den Dolomitdrusen, dagegen aber weniger Talkerde als jener.

## 2) Pseudo-Albit des Andesit aus Amerika.

Bei einer näheren Untersuchung desjenigen Dioritporphyr, welcher in den Cordilleren eine so überaus wichtige geognostische Stellung einnimmt, und der von A. v. Humboldt seiner großen Verbreitung wegen Andesit genannt worden ist, war mir zunächst die leichte Schmelzbarkeit des für Albit gehaltenen Minerals aufgefallen, welches oft mit seinen ausgezeichneten Krystallen den vorherrschenden Gemengtheil der Gebirgsart bildet, für deren nähere Beschreibung und Verbreitung ich auf Annal. Bd. XXXIV S. 9, XXXXVII S. 189, XXXX S. 165, XXXXIV S. 196, so wie auf L. v. Buch, *Isles de Canarie*, p. 464 bis 492, verweise. Meine Vermuthung, daß das Mineral nicht wirklich Albit sey, ver-

mehrte sich, als ich später aus größeren Bruchstücken des Andesit von Marmato bei Popayan, des schönsten dieser durch A. v. Humboldt zuerst bekannt gewordenen Gattung, vollkommen reine Krystallfragmente erhielt, deren specifisches Gewicht ich bei 15° R. Wasser-Temperatur im gepulverten Zustande

2,7328

fand. — Es schien dasselbe dem Mineral in der ein- und eingliedrigen Abtheilung der Feldspathreihe eine Stelle *über* Oligoklas und Labrador anzuweisen, und sprach schon deshalb für einen höheren Kalkerdegehalt, als ich in dem sogenannten Kali-Albit vom Drachenfels, Annal. Bd. L S. 344, gefunden habe, dessen Gewicht nur 2,6223 und dessen Schmelzbarkeit geringer ist, als diejenige des in Frage stehenden Minerals aus dem Andesit.

1,194 Grm. mir zu Gebote stehender reiner Krystalle wurden nunmehr nach einige Minuten dauernder Schmelzung mit 3,674 Grm. kohlensauren Baryt auf die bekannte Weise, nach dem Bd. L S. 131 angegebenen Gange, jedoch mit der Abänderung zerlegt, daß der durch Ammoniak bewirkte Niederschlag noch feucht in die kaustische Lauge getragen und Thonerde und Eisen direct für sich bestimmt wurden. — Die gewonnenen Bestandtheile sind:

In No. I wurden 0,709 Grm. Kieselerde abgeschieden.

In No. II fällte Ammoniak 0,295 Thonerde und 0,019 Eisenoxyd, die sich frei von Kieselsäure und Magnesia zeigten.

In No. III wurden aus 0,123 kohlensaurer Kalkerde 0,069 Kalkerde erhalten, die sich vollkommen rein und frei von Baryt erwies.

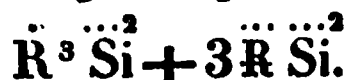
Durch das Glühen der essigsauren Salze wurde neben 0,054 kohlensaurem Baryt 0,012 Talkerde gewonnen.

Die Chlormetalle wogen 0,167 Grm. Durch 0,07 Kaliumplatinchlorid ergaben sich 0,013 Kali und 0,078 Natron.

Nach diesen Resultaten berechnet, ergibt sich die Zusammensetzung des Minerals folgendermaßen:

Kieselerde	=0,709	= 59,60	= 30,96	
Thonerde	=0,290	= 24,28	= 11,22	} = 11,70
Eisenoxyd	=0,019	= 1,58	= 0,48	
Kalkerde	=0,069	= 5,77	= 1,61	
Talkerde	=0,013	= 1,08	= 0,37	} = 3,79
Kali	=0,013	= 1,08	= 0,16	
Natron	=0,078	= 6,53	= 1,65	
Summe	=1,191	= 99,92	= 30,96 : 11,70 : 3,79	
			= 1 : 3 : 8.	

Dieser Zusammensetzung entspricht allein die Formel:



Nach dieser Analyse zeigt sich nun das Fossil als eine neue und interessante Varietät der ein- und ein- gliedrigen Abtheilung der Feldspathreihe. Es steht dasselbe zwischen Labrador und Anorthit oder besser Oligoklas, dem es auch hinsichtlich der Zusammensetzung am nächsten kommt. Das spec. Gewicht hatte hier wieder richtig geleitet, und wirklich bestätigte die Analyse auf eine überraschende Weise die auf jene Wahrnehmung gegründete Vermuthung. — Dem chemischen Bilde nach stellt sich also dieses Bisilicat von  $\ddot{R}$  und  $\ddot{R}$  als verbindendes Glied bedeutsam genug genau in die Mitte der ganzen Reihe; denn es beginnt dieselbe mit dem Silicat von  $\ddot{R}$  und  $\ddot{R}$  im Anorthit, und schließt mit demselben Trisilicat im Orthoklas. Die Existenz dieser, der Formel des Leuzit analog zusammengesetzten Feldspath-Varietät war zu vermuthen, und ich bringe, mit Berücksichtigung der Gebirgsart, in welcher sie zuerst erkannt wurde, den Namen *Andesin* für das Mineral in

**Vorschlag.** Hinsichtlich der Schmelzbarkeit steht der Andesin dem Oligoklas am nächsten; er schmilzt wie dieser zu einem milchigen, aber bei weitem weniger porösem Glase. Der Albit schmilzt, wie schon oben erwähnt, bedeutend schwerer, leuchtet niemals so intensiv in der Weißglühhitze, und zeigt ein durchsichtiges, wenngleich etwas poröses, Glas.

Das spezifische Gewicht des Andesit von Popayan fand ich bei 15° R. W. T. 3,5924. Er enthält neben Andesin, Hornblende und Quarz, auch Spuren von Epidot und fein eingesprengtem Eisenkies.

### 3) Periklin von der Insel Pantellaria.

Unter den eben so eigenthümlichen als merkwürdigen Gesteinen der Insel Pantellaria, welche sich in der, von dem verstorbenen Prof. Hoffmann im Königlichen Museum zu Berlin niedergelegten Sammlung befinden, verdienen die Trachyte von der Montagna einer besonderen Beachtung.

Nach den Notizen, welche sich in diesen Annalen, Bd. XXIV S. 68, über jene Insel finden, ist man geneigt jenen Berg für den trachytischen Dom zu halten, welcher in dem Centralpunkte des großen Erhebungskraters emporstieg, den die erwähnte Schilderung in dem niedrigen Bergringe zu erkennen erlaubt, der die ganze äußere Umfassung der Insel bildet. — Es besteht dieser Trachyt fast ausschließlich aus einer Anhäufung von schmelzbar glasigen, ziemlich vollständig gebildeten Feldspathkrystallen von bräunlicher Farbe, welche eine durchschnittliche Länge von 3 und eine dergleichen Dicke von 1 Linie haben, und in einer schmutzig gelben krystallischen, aber sehr feinporigen Grundmasse wie eingeknetet erscheinen, aus der sie oft mit Hinterlassung glatter Eindrücke leicht abzusondern sind. Die Krystalle sind einfach, und zeigen nicht die für den glasigen Feldspath sonst so charakteristischen Karlsbader Zwillingformen,

Sie zerbröckeln leicht und lassen bei ausgezeichnetem Glasglanz auf den Bruchflächen deutlich den für die Zwillingsbildungen des ein- und eingliedrigen Krystall-systems so bezeichnenden einspringenden Winkel erkennen. Ihre Formen sind schwer zu bestimmen, da fast immer mehrere Individuen sich regellos zusammengruppiren und als dichte krystallinische Massen erscheinen. — Vor dem Löthrohr, schmilzt *dieser* Feldspath *leicht* zu einem durchsichtigen, etwas blasigem Glase.

Die Grundmasse, welche gleichfalls leicht zu einer magnetischen Kugel schmilzt, ist weich, und von homogener Beschaffenheit. Kleine schwarz glänzende Obsidiantheile von muschlichem Bruch sind sparsam darin vertheilt, welche ohne nähere Prüfung leicht für Magnet-eisen zu halten sind. Dieselbe Substanz dringt auch bisweilen in das Innere der Feldspathkrystalle, in deren Pulver die mikroskopische Betrachtung sie nachweist. — Von dieser geringen obsidianartigen Beimengung erhält auch das, auf die in diesen Annalen, Bd. L S. 348, angegebene Weise gereinigte Pulver einen leichten Stich in das Graue.

*Das spec. Gewicht desselben fand ich bei 15° R. Wasser-Temperatur 2,5950.*

Die Beantwortung der Frage suchend, ob das relative Mengenverhältniß des Kali und Natron in den glasischen Feldspäthen immer ein constantes sey, erschien mir eine Untersuchung auch dieses Feldspaths wünschenswerth, und wurde derselbe mit einer Quantität von 2,764 Grm. auf die bekannte Weise angestellt. — Die erhaltenen Resultate sind folgende:

Kieselerde	=1,886	= 68,23	= 35,42	
Thonerde	=0,506	= 18,30	= 8,54	} 8,84
Eisenoxyd	=0,028	= 1,01	= 0,30	
Kalkerde	=0,035	= 1,26	= 0,35	
Talkerde	=0,014	= 0,51	= 0,20	} 3,01
Kali	=0,070	= 2,53	= 0,42	
Natron	=0,221	= 7,99	= 2,04	
Summe	=2,760	= 99,83	= 1 : 3 : 12.	

Ein Vergleich dieses Feldspaths mit dem vom Epomoeo, Annal. Bd. L S. 140, und dem glasigen Feldspath überhaupt, führt auf bedeutende Verschiedenheiten. Das quantitative Verhältniß des Kali zum Natron ist ein umgekehrtes. Wie *dort* Kali, so überwiegt *hier* Natron bei einem etwas höheren Kieselerdegehalt; auch der Schmelzpunkt liegt beim glasigen Feldspath vom Epomoeo, so wie von anderen Fundorten merklich höher. Ueberhaupt nähert sich die ganze Zusammensetzung so auffallend dem von Gmelin analysirten Periklin, daß man, ungeachtet des etwas abweichenden specifischen Gewichts, nicht austeilen darf, das Fossil als wirklichen Periklin unter die Gattung Albit zu stellen.

Die Frage über ein constantes Verhältniß des Kali zum Natron in den glasigen Feldspäthen betreffend, so kann dieselbe natürlich erst durch eine grössere Reihe vergleichender Untersuchungen ihre Erledigung erhalten.

#### 4) Adular vom St. Gotthard, und Feldspath von Baveno.

Die Wichtigkeit der Schlüsse, welche sich an die Wahrnehmungen knüpften, die ich im Laufe zusammenhängender Untersuchungen über das constante Vorhandenseyn des Kali und Natron, vorzüglich in *den* Gliedern der Feldspathreihe, gemacht hatte, *welche* Gesteine charakterisiren, die wir vorzugsweise mit dem Namen der vulkanischen zu bezeichnen pflegen, macht die Beantwortung der Frage wünschenswerth, ob reiner Kali-Feldspath

spath ohne Natron wirklich in der Natur vorkomme, und welcher Gebirgsgattung derselbe eigenthümlich sey. Eine vorgefasste Meinung konnte frühere Analytiker bei ihren Untersuchungen über den Feldspath um so leichter veranlaßt haben einen geringen Natrongehalt zu übersehen, als sich damals kein besonderes naturhistorisches Interesse an eine scharfe Sonderung dieser beiden Alkalien knüpfte, und somit schien es nothwendig, die betreffenden Untersuchungen mit solchen zu beginnen, welche zeither immer als die reinsten Typen des wirklichen Kali-Feldspath betrachtet und angenommen worden sind.

Ich wählte zu diesem Ende zuerst den Adular vom St. Gotthardt und den schön krystallisirten Feldspath von Baveno. Da es vorzüglich auf eine möglichst scharfe Bestimmung des Alkaligehaltes ankam, so wurde die gewöhnliche, zur Analyse verwendete Quantität verdoppelt und die Zerlegung mittelst concentrirter, in Platingefäßen bereiteter Fluorwasserstoffsäure bewirkt. — Der Gang der Analyse war der gewöhnliche. — Die Kieselerde wurde aus dem Verlust bestimmt, die Thonerde noch feucht wieder aufgelöst und nach Zerlegung des schwefelsauren Alkali durch essigsauen Baryt das Kali durch Platinchlorid geschieden. Der Ueberschuß des letzteren wurde durch schwaches Glühen und nachträglicher Behandlung durch Schwefelwasserstoff entfernt und die Natur des Rückstandes nach vorhergegangener abermaliger Prüfung auf Kali auf das Sorgfältigste ausgemittelt. Das specifische Gewicht des Adular fand ich bei 15° R. 2,5756.

*Die Analyse des Adular vom St. Gotthardt mit 5,728 Grm. angestellt lieferte die folgenden Resultate:*

I. Nach vollständiger Vertreibung des Fluorkiesel blieben in 0,182 Gyps 0,075 Kalkerde ungelöst. Mit der durch Ammoniak gefällten Thonerde abgeschieden, trennte sie Kalilauge von derselben.

II. *Kohlensaures Ammoniak fällte 4,029 Thonerde.*



III. *Die Chlormetalle wogen 1,375.* Durch wiederholte Behandlung mit Platinsolution ergaben sich 4,147 Kaliumplatinchlorid und darin 0,801 Kali. Nach Entfernung des Platin wog das rückständige Salz 0,125 Grm., und wurde als Chlornatrium erkannt, dem eine geringe Menge Platinchlorid beigemengt war. Denn

- a) das Salzgemenge erschien unter dem Mikroskope als ein Haufwerk von deutlichen Kochsalzwürfeln;
- b) es theilte der Löthrohrflamme die Färbung des Natron mit;
- c) mit Platinsolution im Ueberschuß behandelt und der langsamen Verdampfung überlassen, erschienen sehr bald die charakteristischen Krystalle von Natriumplatinchlorid. In Spiritus gelöst, zeigte sich keine Spur von Kaliumplatinchlorid.

*Der Natrongehalt, nach den aus 1,375 Grm. Chlormetallen erhaltenen 0,801 Grm. Kali berechnet, ergab sich hiernach zu 0,038 Grm.*

Die Zusammensetzung des Adular, nach diesen Resultaten berechnet, ist mithin die folgende:

Kieselerde	=65,69	= 34,12	
Thonerde	=17,97	= 8,39	
Eisenoxyd	=Spur	= 0	
Kalkerde	= 1,34	= 0,37	} =2,99
Talkerde	= 0,00	= 0	
Kali	=13,99	= 2,37	
Natron	= 1,01	= 0,38	

---

Summe                      100,00 = 1 : 3 : 12.

*Die Analyse des Feldspath von Baveno wurde mit 4,399 Grm. mässig grofser und sehr schön gebildeter Krystalle angestellt.*

Nach vollständiger Vertreibung des Fluorkiesel lieferte die klare Auflösung 0,818 Grm. Thonerde, 0,006

Talkerde, 0,015 Kalkerde und 1,116 Grm. Chlormetalle. 3,194 Grm. Kaliumplatinchlorid bestimmten den Kaligehalt zu 0,617. Ein, nach Entfernung des überschüssigen Platin gebliebener Rückstand enthielt 0,055 Grm. auf gleiche Weise wie in der vorhergehenden Analyse nachgewiesenes Natron.

Hiernach ist der Feldspath von Baveno zusammengesetzt wie folgt:

Kieselerde	=65,72	= 34,13	
Thonerde	=18,57	= 8,67	
Eisenoxyd	= Spur	= 0	
Kalkerde	= 0,34	= 0,08	} 2,78
Talkerde	= 0,00	= 0,03	
Kali	=14,02	= 2,37	
Natron	= 1,25	= 0,30	

---

Summe 100,00 = 1 : 3 : 12,

Das spec. Gewicht des Feldspath von Baveno fand ich 2,5552 im gepülverten Zustande. Krystalle, für sich im Platintiegel geglüht, zerspringen unter starkem Geräusch schnell zu einem vollständigen Pulver; daher auch das so bedeutend niedrigere spec. Gewicht, welches dieser Feldspath in unversehrten Krystallen zeigt.

Können diese Analysen auch nur als die Anfangspunkte einer größeren Reihe von Untersuchungen betrachtet werden, welche eine wissenschaftliche Lösung der aufgestellten Frage nothwendig fordern muß, so berechtigen doch die hier bereits erhaltenen Resultate zu der sehr wahrscheinlichen Vermuthung, daß ein Orthoklas, der durchaus kein Natron enthält, in keinem der uns bekannten plutonischen Gesteine zu finden seyn wird. Eben so wird es glaublich, daß der Albit einen geringen Antheil Kali und der Leucit neben dem Kali auch Natron enthalte. Kali und Natron treten sonach auf die

entschiedenste Weise in die Reihe derjenigen isomorphen Basen, welche sich in den kieselgesäuerten Mineralkörpern niemals gänzlich abzustossen scheinen, denn Spuren des einen oder des andern Alkali konnten in den, dieser Meinung nicht günstigen Analysen eben so leicht übersehen werden, wie dies im Adular vom St. Gotthardt und im Orthoklas von Baveno der Fall gewesen ist.

---

Ich glaube diese Mittheilungen vorläufig nicht besser als durch die Angabe des Entwurfs zu einer Tabelle beschliessen zu können, auf welcher ich es versucht habe, die sämmtlichen bis jetzt bekannten Glieder der Feldspathreihe mit den Resultaten ihrer Analyse in einer übersichtlichen Darstellung zu vereinigen. — Mehrere wichtige Beziehungen unter diesen, zwar specifisch verschiedenen, aber so überraschend ähnlichen Gebilden werden auf diese Weise besser hervortreten, als wörtliche Schilderung sie zu geben vermag. (*Siehe beifolgende Tafel.*)

---

In einem früheren Aufsatze über den Feldspath (Annalen, Bd. L S. 361) habe ich auf die Vortheile hingewiesen, welcher für eine übersichtliche Auffassung der verschiedenen, zum Feldspathgeschlechte gehörigen Mineralkörper aus der Anordnung derselben nach dem specifischen Gewichte erwächst, deren Brauchbarkeit zur Erkennung der einzelnen Species bereits Breithaupt (Annal. Bd. VIII S. 240) gedenkt. — Tiefer eingehende Vergleiche, welche die Tabelle erleichtert, hauptsächlich gerichtet auf die relativen Mischungsverhältnisse der zusammensetzenden Elemente, so wie ihr gegenseitiges Steigen und Fallen bei den verschiedenen Arten, verleihen aber *gerade dieser* Anordnung noch einen höheren Grad von Bedeutung, und führen das rein minera-

logische Interesse auf einen bei weitem wichtigeren *geologischen Standpunkt*. So interessant auch die strenge krystallographische Sonderung der ganzen Reihe in zwei natürliche Abtheilungen erscheint, so kann dieser Umstand doch kein Element der Classification werden, indem von chemischer Seite durchaus kein gleich bestimmtes Moment für eine solche Trennung gegeben ist, vielmehr zeigt sich ein so allmäliger Uebergang aus dem einen Gliede in das andere, daß die spezifische Verschiedenheit erst vollständig durch das Sauerstoffverhältniß zu erkennen ist.

Das atomistische Verhältniß zwischen  $\bar{R}$  und  $\bar{R}$ , wie 1 : 3, ist das einzige Element, welches sich für sämtliche Glieder der ganzen Reihe als constant erweist, und für das Genus charakteristisch ist. — Dagegen bilden die Verhältnißzahlen des Sauerstoffs der Kieselerde vom Anorthit beginnend eine, nach multipeln Werthen fortschreitende Reihe von fünf Gliedern, welche eben so viele bestimmte Specien bezeichnen. Nach dem Auffinden des Andesin, als des dritten dieser fünf Specien, möchte man beinahe sämtliche Möglichkeiten einer Feldspathverbindung für erschöpft halten; denn alle Zwischenzahlen in jener Reihe, mit Ausnahme der fünf, würden auf Verbindungen führen, in welchen die schwächeren Basen auf einer höheren Kieselsäuerungsstufe sich befinden müßten als die stärkeren. Die Zusammensetzung des Feldspath aus der Lava des Arso auf Ischia schien zwar für die Existenz solcher Verbindungsarten zu sprechen, allein es bedarf, wie gesagt, wohl noch wiederholter und vermehrter Untersuchungen, um das Bedenken gegen ihre Annahme aufzuheben. — Wichtig ist ferner die Wahrnehmung, daß das Kali in den am reichsten kieselgesäuerten Feldspäthen überwiegt, welche den entschieden plutonischen Gesteinen angehören, während dasselbe in den kieselärmeren, welche die vulkanischen

Gesteine charakterisiren, von dem Natron und der Kalkerde verdrängt wird.

Eine andere nicht minder wichtige Thatsache ist der constante Zusammenhang der Zunahme des specifischen Gewichts mit der des Kalkes und der Thonerde bei gleichzeitiger Abnahme der Kieselerde, welches Verhältniß auf eine genetische Abhängigkeit der kieselarmen Feldspäthe von den kieselreichen hinzudeuten scheint.

Mögen auch die jetzigen Erfahrungen der Geognosie dem Begriffe des Urgebirges seine ursprüngliche Bedeutung genommen haben, so erscheint es doch wichtig an einem, auf die chemische Natur der massigen krystallinischen Felsarten gegründeten Systeme festzuhalten, ob nicht auf dem Wege vergleichender chemischer Untersuchungen genauere und bestimmtere Unterscheidungsmerkmale zwischen den plutonischen und vulkanischen Gebilden gewonnen werden können, als in diesem Augenblicke für dieselben vorhanden sind.

Sollte sich unter den verschiedenen Gliedern der ungeschichteten krystallinischen Felsarten wirklich ein von Seiten ihrer charakteristischen Feldspäthe, so wie der sie begleitenden Nebenfossilien bedingtes, nothwendiges chemisches Abhängigkeitsverhältniß nachweisen lassen, und stände das geognostische Beisammenseyn auch überall in einem naturgemäßen Zusammenhange mit jenem, so dürfte die, nach dem abnehmenden Kieselerdegehalt, mithin nach der Zunahme des specifischen Gewichts, geordnete Feldspathreihe vielleicht eine für die Bildungsgeschichte der Erde nicht ganz unwichtige Skala abgeben.

Das, Trisilicat von R und R als nothwendigen Gemengtheil enthaltende krystallinische Gestein möchte dann in diesem chemischen Sinne immer *primitiv*, und zwar dasjenige mit Quarz *primitiv plutonisch*, und dasselbe ohne Quarz *primitiv vulkanisch* zu nennen seyn.

Ist es auch gewiß, daß Gesteine der ersten Art auf

der Erdoberfläche nicht mehr im Werden begriffen sind, und ist dasselbe auch von denen der zweiten Art wahrscheinlich, so möchte dennoch, nach unseren jetzigen Erfahrungen, die Annahme gerechtfertigt bleiben, daß es in großer Erdtiefe Sphären giebt, wo in fortdauernden Schmelzprocessen jene kieselreicheren plutonischen Gesteine zum Theil das Material für die kieselarmen vulkanischen Gebilde unserer Tage liefern. Gelänge es nun, für plutonische und vulkanische Wirkungen überhaupt streng sondernde Kriterien aufzufinden, so könnte man hoffen, zwei verschiedene Gesteinsreihen in systematischer Aufeinanderfolge zu entwickeln, deren Glieder vielleicht erfolgreich zu parallelisiren sind.

---

**IX. *Untersuchung des Geokronit und Hydrophit, zweier in Schweden vorkommenden neuen Mineralien; von L. F. Svanberg.***

(Aus den *Kongl. Vetensk. Acad. Handl. f. 1839*, mitgetheilt vom Hrn. Verfasser.)

---

**Geokronit.**

Nachdem durch Berzelius's Untersuchungen der Schwefelsalze Licht verbreitet worden über diese mannigfaltigen Verbindungen, welche, zwar nicht so häufig wie die Sauerstoffsalze, aber doch keineswegs selten, im Mineralreiche vorkommen, hat man das Studium solcher Fossilien in den letzten Jahren lebhaft betrieben, und dadurch besonders die Verbindungen des Schwefelantimons und Schwefelarseniks mit elektro-positiven Schwefelmetallen näher kennen gelernt. Gegenwärtig kennen wir nicht weniger als acht solcher Verbindungen, also in dieser Familie fast eben so viele Sättigungsstufen als bei den Silicaten. Sie sind, wenn  $r$  das elektro-positive

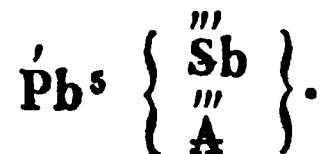
und  $\overset{''}{R}$  das elektro-negative Schwefelmetall bezeichnet, folgende:  $\overset{'}{r}\overset{'''}{R}$  (*Zinkenit, Berthierit, Miargyrit*);  $r^4\overset{'''}{R}^3$  (*Plagionit*);  $\overset{'}{r}^2\overset{'''}{R}^2$  (*Jamesonit*);  $\overset{'}{r}^2\overset{'''}{R}$  (*Federerz*);  $\overset{'}{r}^3\overset{'''}{R}$  (*Pyrargyrit*);  $\overset{'}{r}^6\overset{'''}{R}$  (*Sprödglasserz*);  $\overset{'}{r}^9\overset{'''}{R}$  (*Polybasit*) und überdies  $\overset{'}{r}^4\overset{'''}{R} + 2\overset{'}{r}^4\overset{'''}{R}$  (*Fahlerz*). Unter allen diesen fehlt indess doch die Verbindung, die ich hier beschreiben werde.

Das Mineral kommt in der Sala-Grube vor, sowohl in der dortigen Torgschakts-Grube, als in dem Arbeitsort Knut, und ist bisher mit dem in Sala vorkommenden Weißgültigerz verwechselt worden. Es kommt bloß derb vor; hat keine Blätterdurchgänge, giebt aber dennoch im Bruch in einer Richtung eine Anlage zur Geradschiefrigkeit zu erkennen, wogegen es in anderen Richtungen eine nur splittrigkörnige und unebene Absonderung zeigt. Der Strich ist hell bleigrau, wie des Fossils eigene Farbe. Metallglänzend. Undurchsichtig. Spec. Gewicht = 5,88. Härte zwischen der des Kalkspaths und Glimmers. Vor dem Löthrohr giebt es Reaction, sowohl auf Antimon als auf Arsenik und Blei; auf Koble, unter fortwährendem Daraufblasen, verflüchtigt es sich mit Hinterlassung eines äußerst geringen Rückstands. Es ist eins der allerleichtschmelzbarsten Mineralien, schmilzt schon an der äußern Flamme eines Lichts.

Durch Hinleitung eines Stroms von trockenem Chlorgas über das gelinde erwärmte Mineral wird es sehr bald zersetzt. Unter Beachtung der bei dergleichen Mineralanalysen nöthigen Vorsichtsmafsregeln, die H. Rose in seinem Handbuch der analytischen Chemie vollständig entwickelt hat, fand sich auf diese Weise folgende procentische Zusammensetzung für dasselbe

		nehmen auf an Schwefel:		
Blei	66,452	10,171	}	11,243 5
Kupfer	1,514	0,770		
Eisen	0,417	0,247		
Zink	0,111	0,055		
Silber, Wismuth	Spur			
Antimon	9,576	3,583	}	6,602 3
Arsenik	4,695	3,019		
Schwefel	16,262			
	<hr/> 99,027.			

Dies stimmt, so vollständig man es nur wünschen kann, damit, daß der Schwefelgehalt der Basen zu dem der Säuren  $= 5 : 3$ , d. h. mit der Formel  $r^s R'''$ , oder, wenn man das Kupfer, Eisen und Zink für bloße Einmengungen ansieht, mit:



Das Mineral ist folglich die fünfte der Verbindungen des Schwefelantimons mit Schwefelblei; die zuvor bekannten sind: Zinkenit, Plagionit, Jamesonit und Federerz. Da ehemals dem Antimon das Zeichen der Erde und dem Blei das des Saturns gegeben wurde, so habe ich für das Mineral den Namen *Geokronit* vorgeschlagen, von  $\gamma\eta$ , die Erde, und  $\chi\rho\omicron\nu\omicron\varsigma$ , Saturn.

#### Hydrophit.

Nachdem Sefström in den Frischschlacken von altem Roheisen, das aus den Erzen von Taberg in Småland gewonnen wird, ein neues Metall, das Vanadin, entdeckt hat, ist es in wissenschaftlicher Hinsicht von Interesse zu wissen, was für ein Mineral in jenem Erze vorkomme und das Vanadin enthalte. Schon vor längerer Zeit forderte mich daher Hr. Lagerhjelm auf, die dortige Bergart qualitativ zu untersuchen, in der er durch

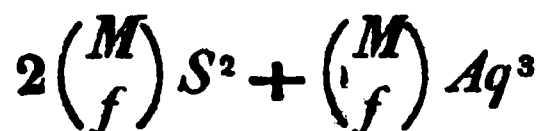


das Löthrohr einen Vanadiningehalt aufgefunden hatte; späterhin bestimmte ich die Bestandtheile derselben quantitativ.

Diefs Mineral, welches zu Taberg allgemein unter dem Eisenerz mit Pikrolit vorkommt, ist derb, zuweilen, aber selten, mit einer fasrigen Textur; uneben im Bruch; berggrün von Farbe, aber einen etwas helleren Strich gebend. Härte zwischen der des Kalkspaths und des Flussspaths. Spec. Gewicht = 2,65. Vor dem Löthrohr giebt es Wasser aus, ist aber, selbst in den dünnsten Splittern, vollkommen unschmelzbar. Seine procentische Zusammensetzung ist:

Wasser	16,080	Sauerstoff:	14,293	3
Kieselsäure	36,193		18,806	4
Eisenoxydul	22,729		5,175	13,598 3
Manganoxydul	1,166		0,262	
Talkerde	21,082		8,161	
Thonerde	2,895		1,352	
Vanadinsäure	0,115			
	<u>100,260.</u>			

Hienach scheint also das Mineral hauptsächlich zu bestehen aus:



ist aber doch in geringer Quantität gemengt mit einem vanadinsauren und thonerdehaltigem Fossile. Vermöge seiner Verwandtschaft mit dem Serpentin, Ophit, von dem es sich, abgerechnet daß das Eisenoxydul in bedeutender Menge die Stelle der Talkerde vertritt, nur dadurch unterscheidet, daß das letzte Glied  $Aq^3$ , statt  $Aq^2$ , wie im Serpentin enthält, habe ich für dasselbe den Namen *Hydrophit* vorgeschlagen, von  $\psi\delta\omega\rho$ , Wasser, und *Ophit*, welcher in den mineralogischen Werken synonym mit Serpentin ist.

**X. Ueber ein neues, ziemlich reichliches Vorkommen des Vanadins in Deutschland;  
von C. Kersten in Freiberg.**

**D**a das Vanadin seit den zehn Jahren, daß es Sefström entdeckte, nur erst einige Mal, und zwar in sehr seltenen Mineralien aufgefunden, und bloß ein Mal in Deutschland, von Schröder, in steyermärkischen Eisenschlacken, in sehr geringer Menge beobachtet worden ist, und daher zu den seltensten Stoffen gehört, so dürfte den Chemikern vielleicht die Mittheilung nicht ganz uninteressant seyn, daß sich dieses Metall in ziemlichen Mengen in mehreren Varietäten *blauer Kupferschlacken aus dem Mannsfeldischen* findet. Der Umstand, daß diese ziemlich werthlos und in großen Quantitäten zu haben sind, wird es möglich machen, sich dieses seltene Metall sehr leicht in hinreichender Menge verschaffen zu können, und Gelegenheit geben, die Verbindungen desselben mit anderen Metallen, und den Einfluß auf letztere, worüber bis jetzt noch keine Versuche bekannt sind, kennen zu lernen.

Nachdem ich bei meinen Versuchen über die Ursache der *blauen Färbung mancher Mineralien und Kunstproducte* <sup>1)</sup>, durch Untersuchung einer großen Anzahl blauer Hohofenschlacken, zu der Ueberzeugung gelangt war, daß diese Färbung in sehr vielen Fällen vom *blauen Titanoxyd* und in einigen auch von Molybdän herrührt, wendete ich mich zur Ermittlung der Ursache der blauen Färbung mancher *Kupferschlacken*. Ich untersuchte zuerst einige Stücke schön himmelblauer Kupferschlacke, welche ich in Chessy gesammelt hatte, und die bei dem

1) Diese Annalen, Bd. I. S. 313.

Verschmelzen von Kupferlasur, Malachit etc. in Schachtöfen fällt. — Weder in diesen Schlacken, noch in blauen Schieferschlacken aus dem Mannsfeldischen konnte eine Spur von Titanoxyd aufgefunden werden. — Da also die blaue Färbung nicht von Titanoxyd herrührte, und es mir nicht gelang auf synthetischem Wege durch Kupferoxydul und Kupferoxyd *blaue* Erdengläser zu erzeugen (welche Versuche indessen noch nicht geschlossen sind), so entstand in mir die Vermuthung, daß diese Schlacken, namentlich die Mannsfeldischen, vielleicht durch Molybdänverbindungen blau gefärbt seyn könnten. — Diese Vermuthung wurde auch dadurch hervorgerufen, daß Molybdänglanz in dem Mannsfelder Kupferschiefergebirge vorkommt, Spuren von Molybdän in diesen Schlacken bereits beobachtet, insbesondere in den Eisensaucen, welche bei dem Schieferschmelzen sich bilden, 27 bis 28 Proc. *Molybdän* gefunden worden ist <sup>1)</sup>. — Mehrere Versuche mit blauen Schlacken von der Gottes-Belohnungshütte bei Leimbach fielen indessen unentschieden aus; nur einmal erhielt ich, als ich trocknes Chlorgas über ein Gemenge von geschlämmten Schlacken mit Zuckerkohle bei starker Rothglühhitze leitete, kleine Mengen rother Dämpfe von Molybdänchlorid, in den übrigen Fällen, so wie durch Schmelzen der Schlacken mit Alkalien etc. bekam ich nur Spuren von der Gegenwart von Molybdän, bisweilen auch diese nicht einmal. — Dagegen fand ich in diesen blauen Schlacken, welche manchen blauen Eisenhohofenschlacken ähneln, zu meiner Verwunderung eine gar nicht unbedeutende Menge *Vanadin*, welches Metall wahrscheinlich als intermediäres Oxyd darin enthalten ist. — Ob dieses Metall die blaue Färbung der Schlacken verursacht, darüber enthalte ich mich, indem ich hierüber noch keine synthetischen Versuche angestellt habe, für jetzt etwas zu äußern! — und weil es bekanntlich sehr schwierig ist,

1) Vergl. Erdmann's Journal, Bd. IX, 1836.

die Vanadinsäure chemisch rein, insbesondere von Kieselsäure darzustellen, so kann auch die Menge von Vanadin, welche in den Schlacken ist, jetzt nicht genau angegeben werden. — Am *reichsten* an Vanadin scheinen mir die blauen Schlacken von der Gottes-Belohnungshütte zu seyn. — Ich habe daraus eine ziemliche Menge von Vanadinsäure, auf folgende Weise dargestellt.

Die gepulverten Schlacken wurden mit 3 Th. kohlensaurem Natron und 1 Th. Salpeter in einem großen schmiedeeisernen Tiegel geschmolzen. Man erhielt hierdurch eine dickflüssige, nach dem Erkalten grünlichgelbe Masse, welche gepulvert und mit vielem siedenden Wasser ausgelaugt wurde. Die Flüssigkeit, von dem erbsengelben Rückstand abfiltrirt, wurde mit Chlorwasserstoffsäure übersättigt, wobei sie eine *gelbe* Farbe annahm und Kieselerde sich ausschied. Man dampfte sie hierauf zur Trockne, um alle Kieselsäure und möglicherweise auch Molybdänsäure abzuscheiden. löste die Salzmasse wiederum in ungesäuertem Wasser auf, filtrirte die Lösung und fällte dieselbe mit Schwefelwasserstoff-Ammoniak. Der braune Niederschlag wurde an der Luft schwach geglüht, dann mit etwas Salpeter geschmolzen, und die erhaltene gelbe Salzmasse wiederum in Wasser aufgelöst. — Nach dem Neutralisiren mit Chlorwasserstoffsäure etc. wurde nun die Vanadinsäure entweder sogleich durch Salmiak, unter Beobachtung der von Berzelius angegebenen Vorsichtsmafsregeln, gefällt, und das erhaltene vanadinsaure Ammoniak weiter behandelt, oder sie wurde durch Chlorbaryum niedergeschlagen. Der gelbe hydratische, nach und nach weiß werdende Niederschlag wurde dann durch concentrirte Schwefelsäure zerlegt, und der erhaltene schwefelsaure Baryt durch Schmelzen mit saurem schwefelsaurem Kali gänzlich von Vanadinsäure befreit. — Die schwefelsaure Vanadinsäure wurde durch Erhitzen zersetzt, der Rückstand mit etwas Salpeter geschmolzen, und aus dem erhaltenen vanadinsauren Kali

durch Auflösen und Versetzen mit Chlorammonium vanadinsaures Ammoniak dargestellt. — Durch gelindes Glühen an der Luft verwandelte man dieses in Vanadinsäure. — Die auf diese Weise erhaltene Säure zeigte noch Spuren von Kieselsäure, überdiess aber, bei vergleichenden Versuchen, *mit reiner Vanadinsäure*, welche ich der Güte des Hrn. v. Berzelius verdanke, *gleiche Reactionen* wie diese, sowohl auf nassem als auf trockenem Wege.

Das Vanadin scheint grosse Neigung zu besitzen sich zu verschlacken, und da auch das Taberger Frischeisen weit weniger Vanadin enthält als die Frischschlacken davon, so steht zu erwarten, dass die metallischen Schmelzproducte der Mannsfelder Hütten weniger Vanadin als die dabei gefallenen Schlacken enthalten dürften. — Die Versuche hierüber sollen fortgesetzt werden, besonders um das Mineral in den Kupferschiefen auszumitteln, welches Veranlassung zum Vanadiningehalt der beim Verschmelzen derselben erzeugten Schlacken giebt.

Freiberg, den 14. December 1840.

---

**XI. Ueber die Temperaturvertheilung auf der südlichen Hemisphäre, und die klimatischen Verhältnisse von Süd-Neuholland und Van-Diemens-Land;  
von Wilhelm Mahlmann.**

Als David Brewster im Jahre 1825 einen kurzen Auszug aus den von Th. Brisbane mitgetheilten Temperaturbeobachtungen zu Macquarie Harbour und Hobart Town in Van-Diemens-Land vom J. 1822 publicirte <sup>1)</sup>, folgerte er aus der Vergleichung der mittleren Wärme von Hobart Town mit der von Rom und von Salem in Massachusetts, daß das Klima jenes Ortes in der Mitte zwischen dem von Europa und Amerika läge, und daß dieser Umstand zu der Annahme berechtigte, die isothermen Curven der südlichen Hemisphäre wären, wie die der unsrigen, auf zwei Kältepole zu beziehen, deren Position mit den magnetischen Polen coïncidirten. Unter der Voraussetzung, daß diese Kältepole dieselbe Lage wie die der nördlichen Hemisphäre besäßen, und daß der Hobart Town zunächst gelegene dieselbe Temperatur wie der nordamerikanische hätte, berechnete er die Wärme dieses Ortes zu 53°,11 F., was von dem beobachteten Medium des Jahres 1822 (52°,42) nur um +0°,69 abwich. Gab er diesem Pole die Temperatur des asiatischen Kältepoles, so erhielt er eine größere Differenz (+2°,25 F.). Er verglich ferner die mittlere Temperatur von Van-Diemens-Land mit der von Capstadt nach Colebrooke's Beobachtungen, und erhielt daraus für den östlichen Pol größter Kälte in der südlichen Halbkugel eine Lage, welche mit der des entge-

1) *Edinb. Journ. of Science, Vol. II p. 75 — 77.*

gegengesetzten Poles der nördlichen Hemisphäre correspondirte.

Bald darauf theilte er Beobachtungen aus der nördlichen Halbkugel von den amerikanischen Missionaren auf Hawaii (Sandwich-Inseln) mit <sup>1</sup>), dessen Medium aus einem Jahre,  $75^{\circ},1$  F., nur um  $0,33$  gegen das Resultat seiner Formel abwich; und endlich publicirte er in demselben Journal <sup>2</sup>) Threlkeld's Beobachtungen auf Raiatea (Ulietea, Societäts-Ins.) im Jahre 1822, deren Medium (aus Morgen- und Abend-Beob.),  $76^{\circ},77$  F., um  $0,66$  größer als das Resultat der Formel ( $76,11$ ) war. Er schloß aus diesen Ergebnissen, daß seine Formel für die nördliche und südliche Hemisphäre die Temperatur jener Gegenden sehr genau darstelle, und in der That scheint dieß so, wiewohl es einleuchten muß, daß es höchst gewagt ist, nicht nur die geographische Lage, sondern auch die mittlere Wärme der Kältepole unserer Hemisphäre auf die südliche zu übertragen; denn theils ergeben die Untersuchungen anderer Meteorologen auch für unsere Halbkugel abweichende Resultate, theils scheint eine genaue Bestimmung dieser Punkte überhaupt noch nicht an der Zeit zu seyn <sup>3</sup>). Ob aber jene Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung eine solche Gewähr für die Richtigkeit der Hypothese darbiete, als der gelehrte und scharfsinnige Physiker annimmt, wird aus folgenden Bemerkungen über die benutzten Beobachtungen selbst leicht zu beurtheilen seyn.

In Betreff von Van-Diemens-Land, dessen mittlere Temperatur aus den beiden oben gedachten Punkten bestimmt wurde, ist zu bemerken, daß, wenn auch die benutzten Beobachtungsstunden,  $9^h$  Morgens und  $9^h$  Abends

wahr-

1) *Edinb. Journ. of Science*, Vol. V p. 370.

2) *Vol. X* p. 80.

3) Vergl. Kämtz Vorles. üb. Meteor. 1840, S. 230.

wahrscheinlich nahe das wahre Mittel liefern, dadurch doch ein kleiner Fehler entstehen konnte, dafs zu Macquarie Harbour nur 9 Monate beobachtet, die fehlenden 3 aber durch Rechnung eingeschaltet wurden, was nach meiner Berechnung ein etwas zu niedriges Medium des Jahres ergibt. Dafs eine solche Interpolation aber immer noch Unsicherheit hervorbringt, beweist die Veränderlichkeit der Differenzen in den 9 Monate gleichzeitigen Beobachtungen. Die Temperatur von Macquarie Harbour war nämlich gleich der von Hobart Town (an der *entgegengesetzten* Küste der Insel)  $\pm$  (in *Centes. Graden*):

Apr.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
$\pm 2,27$	1,76	1,32	2,94	1,58	6,47	1,36	0,17	0,67.

Ferner ist das Mittel eines *einzigsten* Jahres, welches bekanntlich um 2 bis 3 Grade C. vom wahren, vieljährigen abweichen kann, wohl nicht völlig geeignet, um eine solche Hypothese zu prüfen. Wirklich scheint dies Jahr (1822), nach den Beobachtungen, welche 1821 bis 1824 zu Sidney und Paramatta angestellt wurden, ein warmes, vielleicht hier um  $1^{\circ}$  C. zu heißes gewesen zu seyn, wonach sich die Abweichung von der Wahrheit schon auf  $2\frac{1}{2}^{\circ}$  F. erhöht. Dafs die wenigen Monate, welche man in diesem Jahre zu Capstadt beobachtet hat, keine grössere Wärme als die mittlere vieljährige liefern, kann nicht als ein Grund gegen jenes Ergebniss für New-Süd-Wales angeführt werden, seitdem Dove für unsere Hemisphäre dargethan <sup>1)</sup>, dafs in weit geringeren Distanzen gleichzeitige Beobachtungen meist entgegengesetzte Abweichungen der monatlichen Media eines Jahres von vieljährigen zeigen. Dies bestätigt sich sogar einigermaßen dadurch, dafs das weit näher liegende Madras im J. 1822 eine um 0,78 F. grössere Wärme als das Mittel aus 25 Jahren hatte, und Calcuttas Temperatur selbst um  $1^{\circ},84$  F. zu hoch war.

1) Abhandl. der Academie zu Berlin, 1838.



Die Beobachtungen auf den Inseln des stillen Oceans, welche Brewster benutzte, sind meist auch in diesem Jahre angestellt, dürften also vielleicht mit einem ähnlichen Fehler behaftet seyn. Dazu treten jedoch noch andere nicht unerhebliche. Die Beobachtungen der Missionare sind nämlich gar nicht auf Hawaii, sondern auf der fast zwei Breitengrade weiter nördlich vom Aequator entfernten Insel Woahu angestellt, ein Irrthum, wozu der Titel des benutzten Werkes: (Ellis) *Mission. Tour around Hawaii. Boston 1825*, Veranlassung gegeben. Ferner sind dieselben nicht wegen der Stunden (8<sup>h</sup> Mitt, 3<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup> Ab.) corrigirt, so daß Brewster's Formel schon deshalb auch auf der nördl. Hemisphäre für dies Jahr ein um 2° F. zu hohes Medium liefert <sup>1</sup>).

Bei Raiatea, in der Südsee, ist eine Reduction auf wahres Medium nicht angebracht, weil die Zeiten nicht angegeben sind. Wenn nun doch die Morgen- und Abendbeobachtungen, als etwa das nahe Mittel liefernd, benutzt wurden, so liegt darin offenbar keine große Zuverlässigkeit; ja selbst wenn man voraussetzt, es sey von Threlkeld zu homonymen Stunden beobachtet worden, so ist es auch von diesen noch nicht ausgemacht, ob sie in Breiten, wo die tägliche Variation eine noch weit wichtigere Rolle in der Bestimmung des Mittels spielt, als in der gemäßigten Zone, zur Beobachtung geeignet sind; wenigstens ergeben Goldingham's stündliche Observationen zu Madras, daß die homonymen Stundenpaare von 7, 8 und 9<sup>h</sup> ein um 0°,7 bis 0°,9 C. zu niedriges Mittel liefern. Außerdem zeigt eine flüchtige Betrachtung der Tabelle, daß im Monat Juni das Morgen-Medium offenbar durch einen (Druck-?) Fehler entstellt ist, wodurch sich das jährliche um 0°,2 C. erniedrigt, also die Abweichung der Rechnung schon deshalb auf 1° C. unter dem beobachteten Werthe ausfällt. In

1) Man vergl. Freycinet's *Voyage*, worin jedoch das corrigirte Medium wahrscheinlich zu niedrig ist.

der That ergibt das nach der mittleren täglichen Variation *ungefähr* corrigirte Medium <sup>1)</sup>), das Brewster's Formel ein um  $1\frac{3}{4}^{\circ}$  F. zu niedriges Mittel liefert.

Was endlich Capstadt, den dritten benutzten Ort der südlichen Halbkugel, belangt, so kenne ich die Abweichung der berechneten und beobachteten Werthe nicht; aus einer Berechnung von 10- bis 11jährigen Beobachtungen an diesem Orte ergibt sich nur, das Colebrooke's Angabe um  $0^{\circ},5$  C. zu hoch ist <sup>2)</sup>).

Wir glauben aus den angeführten Umständen den Schluss ziehen zu dürfen, das, da die so vergrößerten Differenzen die Hypothese zweier Kältepole auf der südl. Hemisphäre nicht eben unterstützen, ihre Existenz keineswegs auf jenem Wege erwiesen scheint. Eine Untersuchung des Laufes der Jahres-Isothermen der südlichen Hemisphäre, nach den um mehrere Orte bereicherten Materialien, ergab jedoch so viel Analogie mit dem Gesetz der Wärmevertheilung sowohl in der heißen, als in der gemäßigten Zone unserer Halbkugel, das von dieser Seite das Vorhandenseyn von Punkten der geringsten Mittelwärme wahrscheinlich wird. Zu den vielen noch unlösbaren Problemen der Meteorologie müssen wir indess auch jetzt die Bestimmung der geographischen Lage und der Temperatur dieser Pole zählen.

---

Es dürfte von Interesse seyn, das in Bezug auf die Temperatur von Neuholland, Van-Diemens-Land und Neuseeland bekannt gewordene, zerstreute Mineral <sup>1) 2) 3) 4) 5) 6) 7) 8) 9) 10) 11) 12) 13) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20)</sup> in einer Tabelle vereinigt zu sehen, weshalb ich noch mehrere Orte aus den Journalen selbst berechnet habe, wodurch sich manches Lehrreiche bei Vergleichung mit dem Wärmegange in der jährlichen Periode in gleichen Brei-

1) Dove's Repert. der Physik, Bd. IV S. 130.

2) Ebendasselbst, S. 101.

ten anderer Continente ergibt <sup>1)</sup>). Wenn ich sonst benutzte Beobachtungen, z. B. von Perth, hier nicht aufgenommen, so geschah dies, weil ich mich nicht entschliessen konnte, Mittel, welche nach der beliebten Methode der meisten Beobachter in den englischen Colonien aus den monatlichen Extremen berechnet sind, für wahre anzusehen; schon v. Humboldt hat (*Lign. isoth.* p. 33) auf den daraus entspringenden Fehler aufmerksam gemacht, und doch finden wir in der neuesten Zeit noch solche Media mit anderen genauen verglichen, um den Lauf der Isothermen zu bestimmen. Jene Extreme sind selbst selten wahre, ihre Mittel stimmen noch seltener zufällig mit vollständigen Beobachtungen überein. Auch die Beobachtungen auf Neuseeland in 34° bis 36° würden nicht benutzt seyn, fände sich nicht eine befriedigende Uebereinstimmung mit den Temperaturverhältnissen von Neu-Süd-Wales. (S. Tabelle I.)

In derselben Tabelle ist auch ein Beobachtungsjournal im Manuscripte von Herrn Adolph Schayer zu Woolnorth beim Nordwest-Cap, welches ich der gefälligen Mittheilung des Hrn. Prof. Magnus verdanke, benutzt worden. Diese ist um so wichtiger, als wir sehr wenige Journale von der südlichen Hemisphäre besitzen, und man meist, wo solche in den Bibliotheken gelehrter Gesellschaften deponirt sind, ihre Berechnung gescheut hat. Wir haben uns für die Mittel der Monate und Reductionen dieser Arbeit unterzogen, und theilen einen gedrängten Auszug daraus mit, an welche wir einige Bemerkungen über die klimatischen Verhältnisse von Van-Diemens-Land und Neu-Süd-Wales knüpfen. (Siehe Tabelle II und III.)

[*Bemerkungen.* Die Beobachtungen umfassen ein vollständiges Jahr vom 10. Mai 1837 bis 9. Mai 1838, und wurden um 8<sup>h</sup> Morg., 2<sup>h</sup>

---

1) S. darüber den Monatsbericht der Gesellschaft für Erdkunde etc., Berlin, 2. Jahrg. 1840, S. 34.

— Centesimal-Grade.

temperatur.

	Juni.	Juli.	August.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
Nordküste von							
Ft. Dundas,	25,2	22,3	24,5	26,0	27,8	28,7	29,3
Südwest-Neu							
York . . . .	9,4	11,4	11,1	15,0	18,6	20,6	25,8
Albany . . .	14,2	12,4	12,7	13,6	14,5	14,1	16,0
Südost-Neuh							
Sidney und I	12,6	11,7	13,3	16,2	19,6	21,6	24,2
Port Philip.	12,1	11,6	12,7	15,8	19,2	21,4	23,2
Van-Diemens					20,3	21,1	(21,2)
Woolnorth		(9,1)	9,8	9,9	12,0	13,6	14,3
Macquarie Ha	6,1	7,5	9,1	14,9	13,6	14,4	17,9
Hobart-Town	4,8	4,5	7,5	8,4	12,3	14,2	17,2
Neu-Seeland							
Königinn Cha					(17,1)	(16,9)	17,3

und Beobachter.

Nordküste von  
Ft. Dundas, aus 6 Beob. tägl. auf wahr. Med. red.  
Südwest-Neu  
York . . . . Immaney. Unsicher.  
Albany . . . Collie. Aus 8<sup>h</sup> Morg. und Sonnenunterg. corr.  
Südost-Neuh  
Sidney und pchied. Stunden, die nahe wahres Med. geb.  
Port Philip ang und Mittags.  
Van-Diemens  
Woolnorth er, Corr. Med. aus 8<sup>h</sup>, 2<sup>h</sup> und 8<sup>h</sup>.  
Macquarie Ha einl.  
Hobart-Town  
Neu-Seeland.  
unter (.)  
Königinn Cha Morg., Mitt. und Abd.; Stund.?  
1) Im Allg



I II.

liche Länge Gr., 15

Monatliche Barometris		Mittlere tägl. Regen- menge.	Gewit- terregen. an Tagen.	Hagel- wetter.
Minimum.	atage.			
9",50 bei 53° F.	309	0",20	1	1
,40 - 57	20	0,19	1	—
,33 - 52	27	0,42	—	4
,57 - 49	19	0,24	—	2
,37 - 59	17	0,22	1	—
,55 - 53	19	0,29	—	—
,50 - 56	12	0,20	—	—
,66 - 62	12	0,70	—	—
,48 - 69	9	0,37	1	—
,54 - 57	10	0,22	1	—
,76 - 64	7	0,58	2	—
9,64 - 57	301	0,36	—	—
9",27 bei 32° F. im Juli	382	0",325	7	7

Zahl der

37 bis 1838.	N.	NVWVerändl.	
1837 u. 38	3	10	—
1837 . . .	4	5	—
. . . . .	—	8	1
ust . . . . .	2,5	2,4	—
ember . . . .	—	7	—
ber . . . . .	—	5	—
ember . . . .	—	1	—
ember . . . .	3,5	1,4	—
ar 1838 . . .	—	1	—
uar . . . . .	—	3	—
z . . . . .	1	—	—
l . . . . .	—	4	—
. . . . .	14	48	1



und 8<sup>h</sup> Ab. (Regen um 8<sup>h</sup> Morg.) angestellt. Wind und Wetter sind täglich zwei Mal, Vor- und Nachmittags, notirt.

Das *Barometer* und das damit verbundene Thermometer haben 15' Höhe über der Meeresfläche, und sind in einem luftigen Saale, etwa 50 Schritte von der Seeküste aufgestellt. — Das *Thermometer im Freien*, welches (aus nicht angegebenen Gründen) nur vom 20. Juli 1837 bis um 14. Januar 1838 beobachtet ward, war an der Südseite desselben Gebäudes im Schatten und vor Strahlung geschützt aufgestellt. — Der *Regenmesser* stand 10 Fuß über dem Meeresspiegel in gleicher Entfernung von der Küste, als die vorgedachten Instrumente. — Die *Maafse* sind sämmtlich *englisch*.]

*Temperatur.* Die merkwürdige Gleichförmigkeit der Wärme an der Westküste von Van-Diemens-Land bezeugt sich auch durch diese Beobachtungen, und rechtfertigt es einigermaßen, wenn die Kolonisten dem Klima die Anmuth eines »ewigen Frühlings« beilegen. Auch hören größere Aenderungen der Wärme in der täglichen Periode zu den Seltenheiten, wie aus der oceanischen Lage erklärlich wird. Die mittlere Jahreswärme der Küsten ist um  $3\frac{1}{2}^{\circ}$  C. geringer als die der italienischen Halbinsel, dagegen um  $3^{\circ}$  höher als die der Ostküste von Nord-Amerika in gleicher geographischer Breite; ja scheint auch etwas wärmer als die der Westküste von Nord-Amerika zu seyn. Während Italien wenig wärmere Winter hat, übertrifft seine Sommertemperatur die australische Insel um 6 bis  $7^{\circ}$  C.; Nordamerikas Sommer um nahe  $4^{\circ}$  wärmer, seine Winter hingegen um bis  $9^{\circ}$  C. kälter.

Hr. Schayer bemerkt, daß diese Tabelle nicht zum Maßstab für die ganze Insel dienen könne: denn trotz der geringen Ausdehnung ist doch das Klima in verschiedenen Lagen bedeutend abweichend. Die Nähe des Meeres und die freie, niedere, von keinen Gebirgen eingeschlossene Lage von Woolnorth sind Ursachen, daß die Temperatur hier gleichmäßiger, der Winter milder, der Sommer aber kühler ist <sup>1)</sup>, als im Innern der Insel,

Die Sommertemperatur scheint jedoch in Folge der ungewöhnlichen Lage unter der mittleren zurückzubleiben.



deren mittlere Erhebung wohl 600 Fufs (?) beträgt. So z. B. steigt in Hobart-Town das Thermometer im December und Januar auf 80 bis 100° F.; der Winter bringt häufig Schnee, den man in Woolnorth gar nicht kennt; Nachtfroste im Sommer sind hier äusserst selten, im Innern aber häufig.

*Luftdruck.* In Verbindung mit zweijährigen Beobachtungen zu Sidney und einjährigen zu Albany stellt sich über den Gang des Barometers in der jährlichen Periode heraus, dass das Maximum der monatlichen Medien in die Herbstmonate fällt. Die Kürze der Beobachtungszeit lässt jedoch um so weniger mit Sicherheit behaupten, dass hier ein anderer Gang des Barometers als auf unserer Hemisphäre stattfinde, als sich überhaupt in der Differenz der monatlichen Media vom jährlichen eine höchst merkwürdige Gleichförmigkeit im Luftdruck zeigt. Vergleicht man hingegen die monatliche Oscillation des Barometers mit dem Westen der alten Welt, so ergibt sich gerade ein entgegengesetztes Verhalten; indem diese Variation hier so groß ist, dass man im westlichen Europa erst in einer 10° höheren Breite dieselbe mittlere monatliche Gröfse wiederfindet, während das östliche Nordamerika, etwa dieselbe monatliche Oscillation besitzt. Hierdurch wird nicht nur die Ansicht widerlegt, was die Observationen in der Capstadt, nur in weit geringerem Grade, unterstützen, dass diese Oscillationen im Allgemeinen in der südlichen Hemisphäre kleiner oder doch eben so groß seyen, als auf der nördlichen, sondern es ergibt sich auch eine größere Differenz im Luftdruck bei verschiedenen Winden, welche unzweifelhaft mit der bekannten, verhältnismässig bedeutenden Aufregung der Atmosphäre des indischen Oceans im innigsten Zusammenhange steht. — Was den Gang dieser Oscillation in der jährlichen Periode betrifft, so steht das Barometer dort, wie auf unserer Halbkugel, im Sommer ruhiger als im Winter.

**Regen.** Das Maximum des Niederschlages fällt hier wie an der südlichen Küste Neuhollands überhaupt, nach den Nachrichten, welche wir darüber gesammelt, augenscheinlich in die kalten Monate <sup>1)</sup>, und der Sommer ist die Zeit der Trockenheit <sup>2)</sup>, ein Verhalten, was große Uebereinstimmung mit einerlei Breite der alten und der neuen Welt der nördlichen Hemisphäre zeigt. Auf der entgegengesetzten Küste von Van-Diemens-Land, zu Hobart-Town, scheint die Regenquantität weit geringer; denn aus zweijährigen Beobachtungen ergibt sich als jährlicher Niederschlag nur 21" 4",4 in 109 Regentagen, auch tritt die Vertheilung in der jährlichen Periode nicht so bestimmt hervor. Es ist nämlich dieselbe, in Procenten des jährlichen Niederschlags ausgedrückt:

Jahreszeit.	Hobart-Town. 2 Jahr.	Woolnorth. 1 Jahr.	Albany. 1 Jahr.
Winter	32,6	36,6	59,5
Frühling	25,0	19,7	21,0
Sommer	24,5	23,5 <sup>3)</sup>	3,9
Herbst	17,9	20,2	15,5

Es wäre leicht möglich, daß Localverhältnisse die jährliche Regenmenge an der Bass-Straße erhöhen; Péron beschreibt das Klima der Insel King ähnlich als ein regniges.

**Gewitter.** Die Anzahl der Regengewitter und der (zuweilen von Donner begleiteten) Hagelwetter ist in diesem Jahre nicht beträchtlich. Die meisten Gewitter

1) Nach Hrn. Schayer's achtjähriger Erfahrung war im Winter (Juni, Juli, August) 1837 die Totalmenge des Regens ungefähr die durchschnittliche; in Bezug auf die binnen 24 Stunden gefallene Menge war dieß Verhältniß jedoch überschritten.

2) Gewöhnlich rechnet man nur 20 Regentage. Ueberhaupt war dieser Sommer (1837) ungemein naß; ein Fall von mehr als 4" ist selbst, nach Hrn. Schayer's Bemerkung, im Winter selten.

3) S. die Anmerk. S. 549.

sind Nachmittags notirt, und dafs sie im Sommer am häufigsten eintreten, wird durch die Angabe von Col-  
lie und Anderen für das südliche Neuholland als allge-  
meine Regel bestätigt, worin sie sich analog den mittel-  
ländischen Küsten verhalten.

*Winde.* Bei dem Mangel an fortlaufenden Beob-  
achtungen der Luftströme schien eine Berechnung der  
Windbeobachtungen aus dem Journal nicht unwichtig,  
so kurz auch für dies veränderliche Element die Zeit  
ist. Die Windrichtung wurde täglich zwei Mal, Vor-  
und Nachmittags, notirt, und dabei die 32 Windrichtun-  
gen des See-Compasses unterschieden, welche wir auf  
8 reducirten, indem die Anzahl der aus WSW., SSW.  
etc. zur Hälfte respective den Hauptwinden W. und SW.,  
S. und SW., die zwischenliegenden aber dem nächsten  
Punkte der Windrose zugezählt wurden; hierdurch er-  
klären sich die Brüche bei einigen Zahlen.

Nach Lambert's Formel ergibt sich als resulti-  
rende die mittlere Windesrichtung S.  $62^{\circ} 17'$  W. oder  
nahe WSW., bei einer Windstärke von 0,332, d. h. die  
Wirkung aller Winde, deren Anzahl, = 1000 gesetzt,  
war eben so groß, als wenn 332 derselben aus der Rich-  
tung S.  $62^{\circ} 17'$  W. geweht hätten <sup>1)</sup>. Setzt man die  
Zahl aller Winde auf = 1, so kommen auf

N.	0,019
NW.	0,066
W.	0,332
SW.	0,221
S.	0,093
SO.	0,027
O.	0,174
NO.	0,067

1) Die Beugung der Bäume an diesen Küsten nach Nordost, wie die  
Art des Hüttenbaues der Eingebornen, nach den Berichten von Pé-  
ron, Labillardière und Anderen, bestätigt diese Richtung, wie  
die beträchtliche Stärke.

und das Verhältniß der Winde ist:

	Jahr.	Winter.	Frühl.	Sommer	Herbst
nördl. (NW.+N.+NO.) zu südlichen = 1 :	2,24	2,07	2,11	3,66	1,62
östlichen (SO.+O.+NO.) zu westlichen = 1 :	2,31	4,51	2,57	1,72	1,64

In Betreff der Jahreszeiten zeigt sich, daß in den kälteren westliche Winde die vorherrschendsten sind, in den wärmeren auch östliche häufig auftreten und südliche das Uebergewicht erhalten, was mit den Angaben von Horsburgh zusammentrifft. Diese Veränderung der Windrichtung im Laufe des Jahres wird aus der Temperaturverschiedenheit der im N. und S. sich gegenüberliegenden großen Land- und Wasserflächen einfach erklärbar, und es bietet sich darin wieder viel Analogie mit den Winden im südlichen Europa und nördlichen Afrika dar.

Wie an einer großen Menge von Orten auf unserer Hemisphäre von Dove und Kämtz nachgewiesen worden, so zeigen die mitgetheilten Zahlen deutlich, daß auch hier *zwei einander entgegengesetzte Luftströme*, ein südwestlicher auf der Westseite und ein nordöstlicher auf der Ostseite der Windrose die vorwaltenden sind, während die Zwischenrichtungen nur als Uebergänge zu den beiden Maximis erscheinen <sup>1)</sup>. So viel mir bekannt geworden, ist das Ergebnis noch nicht für die gemäßigste Zone der südlichen Hemisphäre auf empirischem Wege festgestellt worden, wiewohl die Journale der Seefahrer längst auf dies Gesetz hindeuteten.

Es ist indess wahrscheinlich, daß die Steilküsten und die Gebirgsbeschaffenheit der Insel, und die Lage des Beobachtungsortes beim Eingange der Bafs-Straße

1) Vergl. Meinicke' Festland Australien, 1837, Th. I S. 50.

einen modificirenden Localeinfluss auf jene Breiten-Winde ausüben; denn zweijährige Beobachtungen in Nicholas und Goulborn in Neu-Süd-Wales liefern S.  $23^{\circ}$  O., und einjährige zu Hobart-Town N.  $40^{\circ}$  W. und zu Albany (Leeuwin-Land) N.  $13^{\circ}$  W. als mittlere Richtung. Auch liefern die Beobachtungen in Kopenhagen (Schouw's *Veirligets Tilstand i Danmark*, p. 364) den Beweis, daß die mittlere Richtung der Luftströmung in *einem* Jahre von der vieljährigen um etwa  $90^{\circ}$  abweichen kann.

Aus den zahlreichen Berichten der Seefahrer geht ziemlich auffallend, in Verbindung mit jenen festen Beobachtungsstationen hervor, daß das tropische Neuholland, so viel man aus Beobachtungen an der Küste, die in solchen Breiten durch den Wechsel von Land- und Seewinden modificirt werden, schließen kann, völlig dem Windsysteme des indischen Oceans, den Moussons, unterworfen ist. Im Winter scheint jedoch der Passat des stillen Oceans an der Ostküste Fuß zu fassen, während an den andern Küsten der westliche Mousson herrscht. Im Sommer wird der ganze Continent in den östlichen Mousson aufgenommen, dessen Richtung nach der relativen Lage von Land und Meer an den verschiedenen Küsten eine mehr östliche oder südliche Modification erleidet; aber der nordöstliche Theil Neuhollands bildet wieder eine Ausnahme, denn hier sollen im Sommer nordwestliche Winde vorherrschen. Ob in dieser Abweichung die Lage von Neu-Guinea und die Gliederung des Erdtheils an dieser Küste einen wesentlichen Antheil haben, würde sich leicht entscheiden lassen, wenn nicht hier die Regelmäßigkeit der Luftströmungen überhaupt weit geringer wären, als westlich im Gebiete des indischen Meeres. Die Aehnlichkeit, welche in Betreff des Klimas das Becken des mittelländischen Meeres im Allgemeinen mit den Südküsten Neuhollands besitzt, und auf welche wir mehrfach aufmerksam gemacht, erstreckt sich also auch auf die temporäre Verlängerung des Passats (Moussons) in

die gemäßigte Zone; und so wie dort Kamsin, Solano und Scirocco als heisse Winde des afrikanischen Continents bekannt sind, so besitzt auch das südliche Neuhol- land heisse Landwinde, deren Einfluß sich zuweilen bis zur Südspitze von Van-Diemens-Land erstreckt.

---

XIII. *Ueber die Ursachen der Tonhöhe;*  
*von Felix Savart*<sup>1)</sup>

(*Annal. de chim. et de phys. T. LXV p. 205.*)

---

Gewöhnlich nimmt man an, daß die Höhe der Töne alleinig abhänge von der mehr oder weniger großen Zahl von Impulsen, die in einer gegebenen Zeit durch successive Schallwellen zu unserem Gehörorgan gelangen. Dessenungeachtet reicht diese Bedingung der Zahl von Impulsen für sich nicht hin zur Bestimmung des Grades der Tonhöhe; es ist auch nöthig, wie wir sogleich sehen werden, daß die zum Gehörorgan gelangenden Wellen nicht abwechselnd von zwei oder mehreren verschiedenen Punkten ausgehen.

Der experimentelle Beweis dieses Satzes kann auf mehrfache Weise geführt werden. Gesetzt zuvörderst man habe zwei gezahnte Räder, die eine gleiche Anzahl Zähne tragen, auf einer und derselben Axe sitzen, und auf dieser von und gegen einander, bis zur Berührung, verschoben werden können, dabei aber solche Lage unter sich behalten, daß die Zähne des einen den Zahn- lücken des anderen entsprechen. Bei solcher Anordnung der Räder ist klar, daß wenn man sie zugleich ertönen läßt, indem man eine Karte, oder ein dünnes Holz- oder Hornblättchen daran hält, von jedem eine Wellenreihe

1) Die in dieser Notiz beschriebenen Versuche wurden schon 1830 an- gestellt; verschiedene Umstände verzögerten die Bekanntmachung.

ausgeht und zu unserem Gehörorgan gelangt, und daß die Zahl der Impulse, die in gleicher Zeit auf dieses Organ gemacht wird, die doppelte ist von der, welche sie seyn würde, wenn man bloß eins der Räder ansprechen liesse. Der Versuch zeigt indess, daß der Ton der nämliche ist, man mag beide Räder oder bloß eins von ihnen ansprechen lassen, der Abstand zwischen diesen Rädern mag sehr klein oder sehr groß seyn. Er zeigt sogar, daß selbst wenn die Räder in Berührung stehen und man sie mit Einer Karte ansprechen läßt, der Ton sich nicht verändert, niemals auf die Octave steigt.

Dieser Versuch gab bei mannigfaltiger Abänderung beständig das nämliche Resultat. So liefs man die Räder, als sie in Berührung standen und ihre Zähne sich kreuzten, zugleich ansprechen, mittelst eines dünnen Holzblättchens, dem auf einen Gestell ein solcher Winkel gegeben war, daß er der Verbindungsebene der Räder entsprach. Desungeachtet war der Ton noch derselbe, wie beim Vorhandenseyn eines einzigen Rades, obgleich die Zahl der Stöße dieselbe war wie bei einem einzigen Rade mit doppelter Zahl von Zähnen. Die einzige Verschiedenheit dieser beiden Fälle, die sich angeben läßt, besteht darin, daß in dem einen die Wellen von einem einzigen Punkt ausgehen, in dem andern dagegen abwechselnd von zwei, obgleich sehr benachbarten Punkten.

Aus diesem Versuche folgt also, daß die Höhe der Töne nicht bloß von der Zahl der Impulse abhängt, sondern daß es zu ihrer Bestimmung auch nöthig sey, daß die Wellen nicht abwechselnd von diesem und jenem Punkte ausgehen. Obgleich diese Folgerung, die übrigens nur der reine und einfache Ausdruck der That Sache selbst ist, streng zu seyn scheint, so war es doch nöthig, ihre Richtigkeit für eine gewisse Zahl von That sachen nachzuweisen.

Zu dem Ende liefs ich von der Seite her auf die Zähne eines mit gleichförmiger Geschwindigkeit gedreh-

ten Rades zwei Luftströme blasen, durch Löcher in einer und derselben Platte, die um die Hälfte des Zwischenraums der Zähne von einander standen. Die Platte, befestigt an dem Ende einer Röhre, die zu einem Behälter mit zusammengedrückter Luft führte, wurde der Seitenfläche der Räder, so weit es ohne Berührung möglich war, genähert, und zwar so, daß die Löcher concentrisch mit dem Rade lagen. Hierbei ergab sich nun, daß der Ton, welcher durch das abwechselnde Oeffnen und Verschließen dieser Löcher entstand, genau der nämliche war, welchen man erhielt, wenn man das Rad mittelst einer Karte ansprechen liefs, d. h. daß der Ton nicht auf die Octave übersprang, wie man es vermuthen konnte. Dennoch wurden bei diesem Versuch die Löcher doppelt so oft geöffnet als die Zähne des Rades gegen die Karte schlugen, weil jeder Zahn folgeweise die beiden Löcher schlofs und öffnete, während er ein einziges Mal gegen die Karte schlug. In diesem Fall waren die Punkte, von denen die Wellen abwechselnd ausgingen, noch sehr nahe beisammen; und doch war der Vorgang so, wie wenn nur ein einziger Punkt vorhanden war; mit einem Wort, man hatte zwei Töne im Einklang.

Einen Versuch der nämlichen Art kann man mit der früher von mir erdachten Stabvorrichtung anstellen <sup>1)</sup>. Diese Vorrichtung besteht aus einem, in der Mitte seiner Länge auf einer horizontalen Axe befestigten Stabe, von dem, bei jedem Umlauf, jede Hälfte durch einen aus zwei horizontalen Brettern gebildeten Schlitz hindurchgeht. Dieser Apparat ist für gewöhnlich nur mit zwei Paaren von Brettern versehen, zwischen welchen der Stab zugleich freidurchschlägt. Fügt man nun noch zwei andere Bretterpaare hinzu, die mit den ersteren einen rechten Winkel bilden, so scheint es, daß, da die Anzahl der Durchgänge des Stabes durch die Bretter, bei gleicher Umdrehungsgeschwindigkeit, verdoppelt wird, der Ton auf die Octave stei-

1) Annalen, Bd. XXII S. 596.



gen müsse; allein die Erfahrung zeigt, daß er noch derselbe bleibt. Dies kann nur durch die Annahme gerechtfertigt werden, daß die Wellen, welche abwechselnd von zwei Punkten ausgehen, immer zwei Töne erzeugen, und nicht einen einzigen Ton, dessen Höhe durch die Gesamtzahl der auf unser Gehörorgan gebildeten Impulse bestimmt wird.

Man verdankt Hrn. Cagniard-Latour kürzlich die Beobachtung einer Thatsache, die sich ganz natürlich den eben beschriebenen anreihet, und nur auf dieselbe Weise erklärt werden kann. Dieser ausgezeichnete Physiker hat gezeigt, daß ein kleiner Apparat, den er musikalischen Hammer nennt, bestehend aus einem Stück Glasröhre, das sich excentrisch um eine Welle dreht, zwischen zwei Ständern (*montants*), gegen welche beide es einmal bei jeder Umdrehung schlägt, nur denjenigen Ton giebt, welcher einem einzigen Schlage bei jeder Umdrehung entspricht. Die Wellen gehen, in diesen Fällen, abwechselnd von dem einen und von dem andern Ständer aus, und daraus entspringen zwei Töne, die streng im Unisono stehen, und deshalb vom Ohre zusammengeworfen werden, dennoch aber von einander verschieden sind.

Eine ganz ähnliche Erscheinung läßt sich noch einfacher mittelst eines Metallstäbchens hervorbringen, das, fest am einen und frei am andern Ende, mittelst eines Violinbogens in Schwingungen versetzt wird, zwischen zwei unbeweglichen Ständern, die solchen Abstand von einander haben, daß das Stäbchen an der Gränze seiner Schwingungen abwechselnd den einen und den andern trifft. Man bemerkt dann wirklich, daß der Ton unveränderlich ist, es mag das Stäbchen periodisch gegen beide Ständer schlagen, oder nur gegen einen derselben, oder ganz frei schwingen.

Hr. Cagniard-Latour hat gesucht, die so beim musikalischen Hammer beobachtete Thatsache an eine äl-

tere anzureihen, nämlich an die, daß, wenn man den Ton einer schwingenden Saite mittelst der Sirene bestimmt, man immer die Anzahl der Schwingungen der Saite doppelt so groß findet, als die der Austritte der Luft aus den Löchern der Sirene. Allein diese Thatsache hat keine Analogie mit der des musikalischen Hammers; und seit lange habe ich eine Erklärung gegeben, die richtig zu seyn scheint. In der That, da jeder Austritt der Luft eine verdichtete Welle erzeugt, die sich mit der dem Schalle eigenen Geschwindigkeit fortpflanzt, so werden diese Wellen durch einen Zwischenraum ohne Verdichtung oder Verdünnung getrennt, dessen Länge abhängt von der Zeit, während welcher die Löcher gleichzeitig geschlossen sind; jeder Austritt der Luft entspricht also einer verdichtenden Oscillation der schwingenden Saite und jeder Verschluss einer verdünnenden. Mithin entspricht jedes einzelne Oeffnen der Löcher der Sirene zwei einfachen Oscillationen der Saite. Dieselbe Beobachtung läßt sich an den Tönen der gezahnten Räder machen, bei denen gleichfalls ein einzelner Stoß zwei einfachen Oscillationen eines schwingenden Körpers entspricht.

Aus den in dieser Notiz enthaltenen Thatsachen geht also hervor, daß die Tonhöhe nicht bloß abhängt von der Anzahl isochroner Impulse, die in einer gegebenen Zeit zu unserem Ohr gelangen, sondern daß auch die Wellen nicht abwechselnd von verschiedenen Punkten ausgehen dürfen. Man glaube nicht, es könne dieser Satz in den verwandelt werden: daß die Wellen, um eine und dieselbe Reihe zu constituiren, von einem einzigen unveränderlichen Punkt ausgehen müssen; denn eine große Zahl von Thatsachen zeigt, daß der Ausgangspunkt der Wellen unaufhörlich verschoben werden kann, ohne daß der Ton sich ändert. Streicht man z. B. eine Karte rasch über die Zähne eines unbeweglichen Rades hinweg, so entsteht ein Ton, welcher derselbe ist, wie

wenn die Karte fest wäre, und man das Rad mit der Geschwindigkeit drehte, die im ersten Fall die Karte besaß. Jedermann weiß überdies, daß ein tönender Körper sich, in jedweder Richtung, schnell bewegen kann, ohne daß dadurch der erzeugte Ton abgeändert wird.

Wie ungewöhnlich auf den ersten Blick das Resultat, zu dem die vorstehenden Thatsachen führen, auch erscheinen mag, so hätte man sie doch vorher sehen können, wenn man erwägt, daß die Schallwellen die Eigenschaft haben, sich übereinanderzulegen, ohne sich zu vermischen, wenn nicht ohne auf einander einzuwirken. Bekanntlich geschieht es nie, daß zwei im Unisono stehende Töne, gleichviel auf Einem oder mehreren Instrumenten hervorgebracht, den Ton der höheren Octave hören lassen; und dennoch muß alsdann oft eine Kreuzung der Wellen und eine Verdopplung der Anzahl der zum Gehörorgan gelangenden Impulse eintreten.

Eins der auffallendsten Beispiele dieser Art haben wir noch in den Körpern, die in schwingende Abtheilungen zerfallen, welche alle eine gleiche Anzahl Schwingungen in gleicher Zeit vollführen, und deshalb Töne von genauem Unisono hervorbringen. Gesetzt nämlich, man habe eine kreisrunde Scheibe, die der Sitz einer zusammengesetzten Theilung sey, z. B. von zwei sich rechtwinklich schneidenden Knotenlinien. Zwei gegenüberliegende Sectoren heben sich dann und jeder erzeugt eine verdichtete Welle, während die beiden andern sich senken und jeder eine verdünnte Welle hervorbringt. Da diese Wellen genau in demselben Augenblick erzeugt, und nach allen Richtungen mit gleicher Geschwindigkeit fortgepflanzt werden, so treffen sie einander, und die von ihnen, in gewissem Abstände von der Platte, den Lufttheilchen eingeprägten Bewegungen sind genau von gleicher Stärke und entgegengesetzter Richtung <sup>1)</sup>; man

1) Die Interferenz der Schallwellen läßt sich in diesem Falle auch auf

man müßte also in diesem Falle keinen Ton hören, wenn mehre, gleichzeitig von verschiedenen Punkten ausgegangene Wellenreihen, sich verhielten wie eine einzige.

Das Merkwürdigste bei diesem Resultat ist, daß das Gehörorgan, obgleich es nicht vollständig über die Richtung der Töne urtheilen kann, doch in so hohem Grade begabt ist mit der Fähigkeit einer Vergleichung der Erschütterungsrichtungen, die, da sie winkelrecht auf den Wellenflächen stehen, in dem eben betrachteten Falle beinahe parallel sind, besonders in einem etwas großen Abstände von dem Ort, wo die Wellen erzeugt werden. Dieß beweist, daß das Gehörorgan ganz besonders geschickt ist, die Verhältnisse sowohl in den Richtungen als den Zahlen aufzufassen, obgleich es die Richtungen und Zahlen selbst nur sehr unrichtig zu beurtheilen vermag. So können wir, selbst annähernd, die Höhe eines einzelnen Tons nicht bestimmen, während wir das Verhältniß der Schwingungsanzahl zweier Töne, sobald es wenigstens einfach ist, und nicht mit den die Empfindung der Octaven hervorbringenden  $1 : 2$ ,  $1 : 4$ ,  $1 : 8$  zusammenfällt, mit außerordentlicher Genauigkeit zu beurtheilen vermögen.

### XIII. *Ueber die Tonbildung bei schwingenden Saiten; von Hrn. Cagniard-Latour.*

(*Compt. rend. T. XI p. 608.*)

**M**eine Untersuchungen, welche den Zweck hatten, auszumitteln, warum bei schwingenden Saiten die Zahl der Schallschwingungen nur, wie man lange weiß, der Hälfte der synchronen Anzahl von einfachen Oscillationen der Saite entspricht, führten mich darauf, einen Ton dadurch

die von Hopkins angegebene Art (*Annal. Bd. XXXIV S. 604*) nachweisen.

P.

hervorzubringen, daß ich zwischen metallenen Stäben oder Pfeilern einen kleinen, leichten und harten Hammer, d. h. ein Stück Glasröhre, sehr rasch oscilliren ließ. Es gelang; allein der Ton hatte das Eigenthümliche, daß die Zahl dieser Tonschwingungen nur der Hälfte der synchronen Anzahl der einfachen Oscillationen des Hammers entsprach, obgleich der Apparat so eingerichtet war, daß der Hammer, bei jedem seiner Hin- und Hergänge, vermöge seines Anschlagens an die Stäbe, zwei Stöße oder Geräusche von gleicher Stärke erzeugen mußte.

Das Mittel, meinen Glasstab in Schwingungen zu versetzen (die auf 200 in einer Secunde steigen können), ist sehr einfach, und, ich glaube, neu, in sofern ich es in keinem Lehrbuch der Physik oder Mechanik erwähnt finde. Es besteht darin, daß in ein Loch an dem freien Ende des oscillirenden Glasstabes der obere Stift einer kleinen Sirene mit schiefen Flügeln, belastet mit einem excentrischen Gewichte, gesteckt wird. Aus dieser Vorrichtung geht hervor, daß im Moment, wo man mit dem Munde in die Windlade des Apparats bläst, und dadurch dieser Art von horizontaler Mühle eine andauernde Rotation einprägt, diese, vermöge ihrer Centrifugalkraft den Glasstab zum Oscilliren bringt, so daß bei jedem ganzen Umlauf der Mühle zwei Oscillationen der Stabes, d. h. zwei Stöße oder Geräusche erzeugt werden.

---

#### XIV. *Ueber einen neuen Neutralpunkt in der Atmosphäre; von Hrn. Babinet.*

(*Compt. rend. T. XI p. 618.*)

---

Das von heiterer Luft in allen Richtungen zurückgeworfene Sonnenlicht ist theilweis polarisirt. Für einen gegebenen Punkt der Atmosphäre fällt die Polarisations-ebene der uns zugesandten Portion des polarisirten Lichts

zusammen mit der Ebene, welche diesen Punkt, das Auge des Beobachters und die Sonne durchschneidet. Diese Polarisation ist in der Nähe der Sonne schwach, wächst von da bis zu einem Abstände von etwa  $90^\circ$ , und nimmt nun wieder ab bis zu einem Punkte, welcher, nach Analogie und Gründen der Symmetrie, um  $180^\circ$  von der Sonne entfernt seyn muß; in der Nähe dieses Punktes müßte die Polarisation beinahe Null seyn, wie bei der Sonne. Beim Auf- und Untergang der Sonne würde der diesem Gestirn diametral gegenüberliegende Punkt des Horizonts der neutrale Punkt seyn müssen. Dies ist aber nicht der Fall; denn nach einer Beobachtung des Hrn. Arago, dem wir Alles verdanken, was wir bisher über die Polarisation, die Farben und die Beleuchtung der Atmosphäre wissen, liegt der neutrale Punkt nicht  $180^\circ$  von der Sonne, d. h. nicht am Horizont selbst, sondern in beträchtlicher Höhe, z. B.  $20^\circ$  bis  $30^\circ$  über dem Horizont.

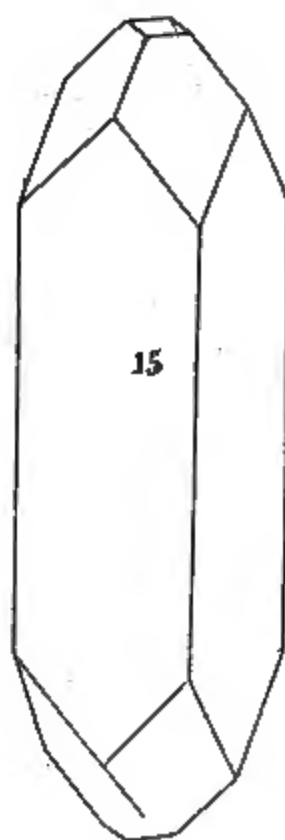
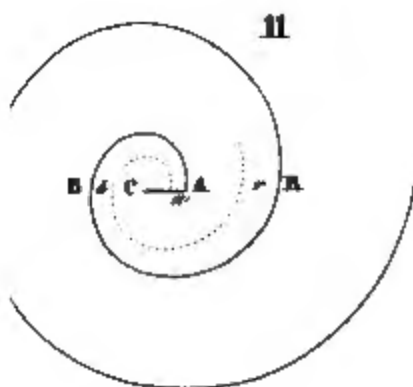
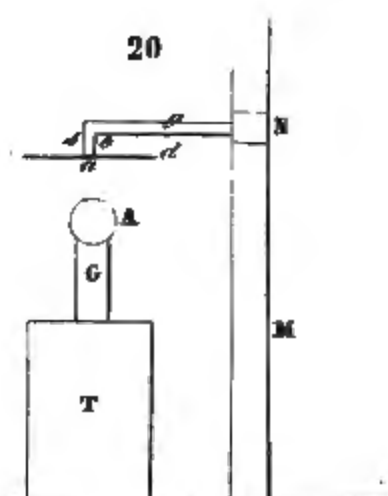
Auf einer Reise, die ich neulich an der Meeresküste zu machen Gelegenheit hatte, nahm ich mir vor, zu untersuchen, ob Hrn. Arago's neutraler Punkt seine Höhe mit dem Steigen und Sinken der Sonne verändere, selbst wenn die Sonne unter dem Horizonte sey. Die Beleuchtung der Atmosphäre durch den Reflex des Meeres beim Sonnenuntergang schien mir eine wichtige Rolle bei dem Phänomen zu spielen. Allein an dieser Untersuchung ward ich durch einen ganz unerwarteten Umstand gestört, nämlich durch das Daseyn eines zweiten neutralen Punkts über der untergehenden Sonne, fast eben so hoch über dem Horizont als Hrn. Arago's neutraler Punkt an der entgegenüberliegenden Seite des Himmels. Seitdem habe ich die Lage dieses neuen neutralen Punkts sehr oft beobachtet. Im Westen erscheint er, selbst wenn die Sonne noch nicht untergegangen ist, und im Osten wenn sie noch nicht aufgegangen ist. Eine, obgleich sehr unvollkommene, Schätzung läßt mich

glauben, daß dieser neue Neutralpunkt nicht ganz so hoch liegt als der von Hrn. Arago.

Zu diesen Beobachtungen bediene ich mich des bewundernswürdigen Polariskops von Hrn. Savart <sup>1)</sup>, welches Farbenstreifen auf den Himmel projicirt, die man selbst noch bis in die vom Licht der auf- und untergehenden Sonne erfüllten Räume verfolgen kann, was mit keinem anderen Polariskop mit solchem Erfolge möglich ist. Uebrigens ist der neue Neutralpunkt so deutlich, daß sein Daseyn keinen Zweifel übrig lassen kann, wiewohl er merklich unscheinbarer ist als der Arago'sche, was vielleicht von dem größeren Glanz des Lichts in der Nähe der Sonne herrührt. Bei der Mittheilung meiner Beobachtung an Hrn. Arago, dem die optische Meteorologie so viel verdankt <sup>2)</sup>, erfuhr ich von diesem, daß er den zweiten Neutralpunkt nie beobachtet habe.

1) Vergl. Annal. Bd. XXXIX S. 292.

2) Die Beobachtung der Farben, welche Glimmerblättchen bei Beleuchtung von dem Lichte eines heiteren Himmels darbieten, war es, die Herrn Arago zur Entdeckung der chromatischen Polarisation führte.







)

)

